Boletín N.° 17. Agosto de 1931.

INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y PERFORACIONES
MONTEVIDEO — URUGUAY
E. TERRA AROCENA: Ingeniero-Director

Informe sobre las condiciones geológicas de un dique de embalse en Rincón del Bonete y de la cuenca abarcada por el lago

POR EL

Dr. PABLO GROEBER

MONTEVIDEO
IMPRENTA NACIONAL
1932

—

Informe sobre las condiciones geológicas de un dique de embalse en Rincón del Bonete y de la cuenca abarcada por el lago

POR EL

Dr. PABLO GROEBER

Finalidad y contenido del trabajo

En el estudio geológico que sigue a continuación era necesario considerar especialmente los siguientes puntos:

1) Las condiciones generales de la zona en que se extenderá el futuro lago, su composición, estructura y su facultad de contener las aguas embalsadas; la posible pérdida por infiltración y la decisión, si esta pérdida sería definitiva o no, constituyen el primer núcleo de cuestiones a resolver.

2) En segundo lugar debió considerarse con todo el detalle posible, la composición del terreno de fundación de un dique en Rincón del Bonete, a base de las observaciones obtenibles por las perforaciones; estas consideraciones tienen dos finalidades: una es la decisión, si es factible tal construcción, y la segunda es la presentación de cada uno de los perfiles que interesan bajo una forma que permite basar en ellos el cálculo de los gastos para la construcción del dique.

3) La tercera cuestión de importancia es la elección del proyecto más recomendable y la consideración de las filtraciones posibles a través de la cuchilla de Rincón del Bonete.

El orden de ideas seguido se refleja en la tabla de materias:

I. Las Areniscas de Gondwana Inferior

Nos interesan solamente pocos de los sedimentos del Gondwana, los que circundan el futuro lago en su parte superior; ellos son los depósitos del piso de Itararé.

El piso de Itararé tiene una composición muy variada. Frecuentes son areniscas de colores rojizos claros de grano mediano y fino, a menudo con interposiciones de bandas de arcillas o en sí arcillosas. En ciertos horizontes abundan grandes bloques de cerca de 1m, de largo o mayores, a parte de rodados y guijarro anguloso de origen glacial. Son sedimentos poco cementados y fácilmente infiltrables, cuando no contienen bloques y arcilla. Si bien en el caso de la presencia de arenisca pura, escasamente cementada, la infiltración posible puede alcanzar a un 30 % del volumen de la roca, debe tenerse en cuenta que las partes dotadas de arcilla son prácticamente impermeables, de modo que puede estimarse la facultad de absorción en un 10-15 %.

Como estos estratos no interesan más que por su permeabilidad, no entramos en mayor detalle.

II. La Serie de los Meláfiros y sus Propiedades

Para comprender el variado aspecto que ofrece la potente serie de los meláfiros (1) en los afloramientos y más aún, en las perforaciones y para orientarse en la distribución aparentemente caprichosa e irregular de los distintos tipos de roca, deben tenerse en cuenta: las propiedades de las masas efusivas básicas, su contenido primitivo de gases, la alteración primitiva de las partes atacables, la acumulación sucesiva de los mantos, la circulación de agua freática entre ellos, la alteración subaérea común y una posible alteración secundaria, superpuesta en tiempos geológicos recientes.

Propiedades de las rocas efusivas básicas.

Los meláfiros del Uruguay forman parte del enorme campo de lavas del Triásico superior y Liasico (2) que se extiende por sobre más de un millón de kilómetros cuadrados en ambos lados de la parte inferior y media de los ríos Uruguay y Paraná y que invade también la región nororiental de la Argentina. En ninguna parte se han individualizado centros determinados de efusión con restos de volcanes, pero son frecuentes macizos y filones básicos que atraviesan los sedimentos sobre los cuales descansa la serie de los mantos. (3) Se trata, entonces, de efusiones lineales o de efusiones en masa.

A esta clase de manifestaciones ígneas es particular una gran fluidez de la masa lávica, ya de por sí mucho mayor que la de las rocas ácidas y de las mesosilícicas que poseen una fricción interna muy considerable y tienden a amontonarse en torno de los orificios de las erupciones. Como en el caso de las diferentes series de mantos basálticos del Terciario superior de la Patagonia y de la Cordillera, cada uno de los escoriales cubre grandes áreas y se extiende a menudo sobre decenas de kilómetros desde la fisura de la salida del magma.

---

(1) La designación de «porfiritas con augita» que se aplica a veces, no da una idea fiel del carácter general de las rocas, porque en su mayor parte contienen olivinas.

(2) Frenguelli (Gaea tomo II Nº 3) da a entender que considera los meláfiros como posiblemente terciarios; al emitir esta opinión, no tiene en cuenta que sobre los meláfiros descansa el Cretáceo superior con restos de Dinosaurios.

(3) J. D. Falconer (Bol. N.º 12 del Inst. de G. P.) señala algunos macizos-filonianos en la región de Melo.

Disposición de los mantos.

Así se comprende la vasta extensión y el espesor casi uniforme de los mantos que llama la atención al observador en cualquier afloramiento y hasta en las perforaciones de los perfiles I, II, V, VII y VIII de Rincón del Bonete.

El conjunto de la serie de mantos tiene, pues, cierto parecido con una serie sedimentaria bien estratificada, en la cual se siguen con regularidad bancos gruesos y delgados con espesor estable por sobre cientos de kilómetros cuadrados. También en la serie de los meláfiros se encuentran mantos potentes y otros de espesor menor, estables sobre vastas extensiones.

El contenido primitivo de gases.

Una masa efusiva contiene, al salir a la superficie, abundante cantidad de componentes volátiles, como H_2S, HCl, FH, vapor de H_2O y otros gases en menor proporción. Al correr y extenderse un escorial, se desgasifica y desde su cuerpo ascienden los gases hacia su superficie. Se forman hileras de burbujas de agrupación inicial más o menos vertical y luego desviadas horizontalmente por los movimientos diferenciales en los diferentes niveles del escorial. Hacia arriba, estas burbujas deben ser necesariamente más frecuentes que cerca de la base, porque se instalan hileras de burbujas desde diferentes niveles del escorial; al ascender los gases, se agregan, pues, a las hileras de burbujas ya existentes cada vez otras nuevas, que en parte se refundirán con las anteriores, aumentándose así hacia arriba la frecuencia y el tamaño de las oquedades. Además, debe tenerse en cuenta que las partes interiores de un escorial, se enfrían con mayor lentitud y mantienen por mayor tiempo su plasticidad que las partes superficiales; la mayoría de los gases puede evadirse del cuerpo de un escorial, sin dejar rastros bajo la forma de oquedades o poros. Cerca de la superficie, en cambio, la rápida solidificación de la roca permite la conservación de las paredes de las burbujas que se comunican a menudo por pequeñas aberturas, dándole a la roca un aspecto esponjoso.

La primera costra de solidificación que se formaba en la superficie de cada escorial apenas iniciado su corrimiento, se despedazaba durante el movimiento de la lava en trozos y bloques del más variado tamaño. En los intersticios penetraba material aún fluido desde el interior del escorial. A causa de los innumerables

repliegues de su superficie de contacto con los trozos y bloques tuvo que enfriarse rápidamente y adquirir una estructura vítrea. Es de suponer que pudo retener una cierta cantidad de gases, sobre todo H_2S que habrá producido FeS_2 finamente distribuido, al atacar las moléculas de los minerales fémicos, especialmente las de la olivina y de la magnetita. La primera costra de solidificación, en cambio, debe estar constituída por pequeños cristales de feldespato y augita, por haber sido más lento su enfriamiento, retardado por el mayor calor inicial del escorial; además estará acribillada por burbujas ya exentas de gases.

En la zona de pasaje entre el cuerpo del escorial y su parte superficial, donde pudieron sostenerse aún huecos dejados por las burbujas de los gases, estos se llenaron por exsudación de zeolitas y luego también de calcitas primarias. Las oquedades de la misma, superficie permanecieron vacías o se revistieron de azufre, alumbre, hasta de calcita en muy pequeña escala, formando pieles delgadas, fácilmente destructiblcs por el agua de lluvia y la alteración subaérea.

Estructura de las partes basales.

Mientras que la parte superficial de un escorial puede trasladarse con la misma velocidad que la masa de su cuerpo principal durante su corrimiento, la parte basal adherida al suelo se debe mover más lentamente. Cerca de la base se forman, entonces, planos de deslizamiento interior de orientación aproximadamente horizontal y algo ondulados que se presentan en series y permiten una segregación de la roca solidificada en lajas delgadas. Con menor frecuencia y agrupación menos densa pueden ocurrir tales planos de movimientos diferenciales dentro del cuerpo principal, pero siempre serán escasos y se encontrarán en sus niveles inferiores.

Estructura del cuerpo principal.

En general, es de aspecto y constitución muy uniforme. Está formado por pasta de microlitos y de fenocristales de plagioclasa, augita y olivina, cuyo tamaño crece con el aumento del espesor del escorial. Durante el proceso del enfriamiento suele agrietarse la masa efusiva por rajaduras más o menos verticales que pueden llegar a tener cierta regularidad en su distribución y delimitar columnas prismáticas hexagonales. Además, suele existir una dispo-

sición latente de exfoliación globular concéntrica en las columnas o en la masa del escorial. [1]

Alteración primaria.

Cuando un escorial de reciente formación queda expuesto a la intemperie, sufre especialmente la alteración producida por la infiltración del agua llovida dotada de CO_2. Las partes vítreas que son más vulnerables son atacadas en grado mayor que los trozos y bloques de la costra primitiva de enfriamiento. Al penetrar el agua en estas partes vítreas encuentra sulfuros, de preferencia pirita y luego algún alumbre produciéndose ácido sulfúrico. Por medio de éste forma, en unión con el anhidrido de carbono de los componentes: SiO_2 Al_2O_3, CaO, Na_2O, FeO, Fe_2O_3 y MgO combinados en los silicatos, feldespatos cálcico-(sódicos), augita y olivina y en magnetita (Fe_3O_4) una masa en parte caolinizada en la cual puede reaparecer pirita. El alófano proviene especialmente de los feldespatos. Durante su destrucción se separa el CaO del Al_2O_3 y del SiO_2 y forma con el CO_2 del agua la calcita ($CaCO_3$) que llega en su migración y disuelta por el agua hasta las cavidades abiertas y las grietas del cuerpo del escorial y se deposita y cristaliza en ellas, revistiendo sus paredes.

(1) Esta permeabilidad general de un escorial en estado primitivo ocasiona siempre la ausencia de arroyos, de barreales y de charcos de agua en su superficie. Esto es válido no sólo para escoriales de reciente formación que son muy frecuentes en la Cordillera entre 36° y 40° de latitud, sino también en la superficie de las grandes mesetas de basalto mioceno y plioceno de la Patagonia. Estas son extremadamente secas, a pesar de las lluvias relativamente abundantes que caen sobre ellas. Este mismo estado de cosas ha reinado también durante la época de las efusiones y cada nuevo escorial que se extiende sobre uno anterior se vierte sobre un campo seco. Por lo tanto no podemos admitir, que las partes fofas, esponjosas y llenas de burbujas se encuentren en la parte inferior de los escoriales y que sean producidas por el vapor de agua que se forma, como se pretende, al pasar la lava por sobre un charco o un arroyo. Que esto puede suceder alguna vez, no está fuera de toda posibilidad, pero no representa ninguna regla general. En tal caso se formarán en lugares distantes entre si haces de burbujas de escasa extensión y no hay lugar a que se produzcan camadas de kilómetros de extensión, acribilladas uniformemente por millones de agujeros y huecos.

Que debemos descartar esta explicación de los baches de agua, me lo enseña mi experiencia adquirida en los campos basálticos del sur y oeste de la Argentina y además, el ejemplo tipico del primer escorial de la serie eruptiva que descansa en la perforación 4 del Bonete con roca densa, gris, bien conservada sobre las capas del Gondwana. Además, enseña lo mismo la observación en el campo, p. e. al oeste de San Gregorio, donde aflora en Dos Hermanos la base del meláfiro y su contacto con las areniscas del Itararé.

El Al_2O_3 y SiO_2 restantes se combinan con intervención de H_2O en alófano o en arcilla. Como su contenido en sílice es en unos 4-5 % menor que el de los feldespatos, labradorita-bytownita de la roca, queda sílice libre. Esta sílice es llevada por el agua alcalinizada por el Na de los feldespatos descompuestos, es infiltrada hacia abajo en el cuerpo del escorial, donde sirve de relleno a burbujas o a rajaduras que se revisten o se rellenan de calcedonia o ágata, o la sílice puede impregnar también la roca vecina o productos de alteración vecinos. La pérdida que sufren las partes superficiales con esta extracción de CaO y de SiO_2 ocasiona la formación de nuevos huecos, pero puede también ser compensada por el mayor volumen del alófano.

De la pirita secundaria y de los restos de magnetita y olivina se forman óxido e hidróxido, y acaso carbonato de hierro que tiñen la roca circundante de rojo o de marrón y son llevados en pequeña escala al interior del escorial.

Los trozos y bloques de la costra de enfriamiento, compuesta mayormente por un fieltro de microlitos de feldespatos con augitas resultan ser algo menos atacables, por un lado por su estructura interior y por el otro por su total desgasificación primitiva, de manera que obra sobre ellos solamente CO_2. En consecuencia la caolinización será más lenta y más difícil la emigración de sílice libre que solidifica la roca misma. Como en el caso anterior, las zeolitas cálcicas y los feldespatos suministran en unión con la calcita primaria y en combinación con el CO_2 del agua infiltrada la calcita de relleno y los minerales férricos, a su vez, óxido e hidróxido de hierro.

La parte compacta o el cuerpo de un escorial en que el agua puede penetrar sólo con dificultad por fisuras distantes, pronto rellenadas por calcita, está constituido exclusivamente por un fieltro enmarañado y tenaz de minerales y puede mantenerse en buen estado, sin ser atacado mayormente. No es raro observar partes completamente frescas y aún grises, de aspecto de basalto en las cuales se han conservado hasta las olivinas; otras están afectadas algo por alteración, especialmente en sus componentes fémicos entre los cuales la olivina está transformada en hematita o limonita y la augita en clorita, mientras que los feldespatos se han teñido de color marrón o rojizo, por la impregnación con hierro, y de verdoso por la penetración de clorita. Al mismo tiempo han sufrido una leve alteración interior y se presentan sustituídos en parte por caolín o alófano y calcita. Esta roca tiene la coloración rojiza-verdosa y peceña típica de los meláfiros.

Alteración algo mayor se encuentra en las partes lajeadas de un escorial que corresponden a los planos de deslizamiento interiores que ya hemos conocido. No es raro verlos con aspecto vítreo y con coloración roja o pardo-negruzca que conocemos de la parte superficial de un escorial.

Terminación de la alteración primaria.

La alteración primaria puede considerarse como concluida con el agotamiento de los agentes destructores, especialmente del azufre que acompañaron cada una de las erupciones y que quedaron retenidos, aunque en pequeña escala, dentro de determinadas partes de la roca.

Alteración subaérea secundaria primitiva.

En la alteración y transformación subsiguiente deben distinguirse dos casos:

Primer caso.

El escorial de reciente formación es cubierto durante la alteración primaria o enseguida después de ella por un nuevo escorial, ya sea por partes o íntegramente. El efecto inmediato es la cocción de la superficie del escorial anterior; ella se manifiesta en forma muy llamativa por la coloración roja de la parte afectada, producida por la expulsión de las moléculas de agua de la limonita y la restauración de la hematita. La parte superior del escorial sepultado bajo otro contiene, a causa de su permeabilidad, en adelante una napa de agua. Esta agua continúa siendo el vehículo de de los agentes destructores de la roca, entre los cuales puede contar por un tiempo breve el ácido sulfúrico; después de su agotamiento desemboca en la alteración de horizontes permeables común que ha perdurado por el Jurásico, Cretáceo y la mayor parte, sino todo el Terciario. Su actuación será considerada a continuación del segundo caso.

Segundo caso.

Se intercala entre efusión y efusión un largo período de tranquilidad volcánica o los nuevos escoriales buscan nuevos caminos y tardan en cubrir el escorial anterior. Dejan, entonces, su superficie por mucho tiempo sin protección contra el ataque continuo de la destrucción subaérea.

Su aspecto y su destrucción difiere conforme a las condiciones climáticas.

Con clima seco, la alteración ha de haber sido muy semejante al ataque sufrido por los campos basálticos miocenos y pliocenos de la Patagonia y del pie e interior de la cordillera de Neuquen y de Mendoza. En ellos la superficie es llevada por la parte sólida de algún escorial, apenas cubierto por una delgada capa de escasa tierra, de grumos y cascajo chico de basalto. Por entre ella se asoman trozos y bloques mayores que llevan a menudo en su parte enterrada un cascarón blanco de carbonato de calcio. Sobre la superfície del escorial obra, ante todo, el fuerte cambio de temperatura del clima continental que despedaza la roca, y luego también el agua de lluvias temporarias, la nieve y las neblinas. Su humedad penetra hasta alguna profundidad y contribuye por su contenido de CO_2 a la destrucción de los feldespatos por la separación del calcio (y escaso sodio) de los minerales y la formación de carbonato de calcio. Al ser extraída el agua nuevamente por insolación de la roca o del trozo y bloque, el carbonato de calcio se deposita en la superficie a causa de la rápida evaporación del agua portadora.

De manera semejante emigra el hierro de las augitas y olivinas y tiñe la superficie de los trozos en sus partes enterradas de color amarillo-ocráceo y pardo o rojizo y negro lustroso según el caso de que se dispone de poco o abundante material limonítico o hematítico. Las magnetitas de la roca no suelen alterarse y sobreviven como granitos de arena que son llevados a grandes distancias.

A causa de la extracción de material sufre la cohesión tenaz de la roca y ella se deshace fácilmente bajo la influencia de calor y frío en trozos menores. El material arcilloso residual de la alteración de los feldespatos es lavado por alguna lluvia y juntado en hondonadas formando barreales y es llevado por el viento.

Con clima húmedo la alteración es más intensa y más profunda y se elimina en gran escala la influencia de los cambios bruscos de temperatura. En cambio se agrega a los agentes destructores el ácido húmico. Se produce, como en el caso anterior la extracción del calcio (y sodio) y una conversión de la roca en una masa arcillosa-(silícea) que al quebrarse, muestra a menudo estructura globular concéntrica, correspondiente más que a un estado latente primitivo de la roca a la tendencia del material arcilloso de formar cuerpos redondeados de cascarones concéntricos. Esta alteración puede llegar a ser profunda y es acompañada por una extracción más o menos total del hierro, tanto de la olivina y augita, como de la magnetita. Se aclara, pues, el color de la roca que toma un tinte grisáceo claro.

Tratándose de clima húmedo, deben existir arroyos y ríos que corren por la superficie, posibles por ser impermealizada ésta por el material arcilloso. En su mayor parte los productos de alteración, arcilla, sílice, carbonato de calcio, óxido e hidróxido de hierro, son llevados poco a poco por las lluvias hacia los cursos de agua que los transportan al mar. En parajes de drenaje deficiente podrán infiltrarse estos productos, de preferencia el carbonato de calcio y las combinaciones de hierro al interior de la serie eruptiva y depositarse en sus huecos.

Como es natural, la zona de alteración avanzada no se asienta directamente sobre roca firme y fresca, sinó está ligada con ella por un estado intermedio que se caracteriza por una disolución de la masa compacta en trozos lajosos o poliédricos, chicos cerca de la superficie y grandes hacia abajo y revestidos por capitas más o menos delgadas de material arcilloso, calcáreo y ocráceo. La roca aparece como resquebrajada.

La velocidad de la alteración y destrucción es mayor en las partes superficiales primitivas de los escoriales que en los cuerpos sólidos que son descubiertos pronto. Por lo tanto faltan, en general, las partes superficiales primitivas y están sustituidas por las partes alteradas de los cuerpos de los escoriales que llevan la superficie del relieve.

Transformación secundaria, primitiva interior.

El avance de la alteración subaérea sobre el cuerpo sólido de un escorial y el rebajamiento erosivo consecutivo se interrumpe, cuando un nuevo escorial se expande sobre estas partes superficiales En vista de que poseen una estructura de terrones sueltos, pueden desempeñar el papel de horizonte permeable y acuífero, como las partes superficiales auténticas.

Pero a este estado no se llega de inmediato. Los niveles del escorial no alcanzados por la alteración subaérea poseen todavía gran cantidad de grietas de enfriamiento más o menos verticales, no rellenadas aún. Por estas grietas se sume el agua y desciende a través de la serie de los mantos hasta algún horizonte impermeable. Para los primeros tiempos debemos buscarlo en la serie sedimentaria del yaciente, porque el relleno de las grietas, es decir, la impermeabilización de los cuerpos sólidos es un proceso de duración considerable.

Las series basálticas cuaternarias y terciarias de la Argentina pueden dar una idea al respecto.

En el sud de Mendoza, entre 69° y 68° de long. W. de Greenw. y 35°30' y 37° lat. S., los basaltos cuaternarios cubren casi toda

esta superficie, agrupándose en torno de los volcanes extinguidos Payún y Payún-Matru, donde abundan los diferenciados de los basaltos. A pesar de que llueve y nieva muy a menudo en la región de estos cerros y de sus alrededores, ningún arroyo surca los campos lávicos. La superficie del terreno es completamente seca, toda el agua se sume en los escoriales y aparece en algunas depresiones, donde despuntan los escoriales, y en los contornos del campo lávico a decenas de kilómetros del lugar de infiltración.

Lo mismo sucede, por lo general, en los campos lávicos terciarios. Al SW. del mencionado Payún se extiende una altiplanicie de unos 300 km² llevada por una serie basáltica miocena, de 100-150m. de espesor y ascendida por los movimientos tectónicos del Terciario más superior a 1800m de altura; por consiguiente son recortados sus bordes hasta dentro de su substratum sedimentario mesozoico. Sobre la altiplanicie hay una precipitación que puede estimarse en unos 600-800mm. anuales; sin embargo, se buscan en vano sobre ella ojos de agua, vertientes y arroyos. Las vertientes se hallan al pie de la barranca y de la barda formada por las cabezas de los mantos, es decir sobre el contacto entre la serie de los basaltos y su yaciente sedimentario.

Solamente en la cordillera existen en varios lugares y en la serie de los basaltos miocenos (Chacai Co, en el sistema del río Huarhuar Co) y en los basaltos pliocenos del arroyo Coyocho, horizontes de vertientes dentro de las series eruptivas, asentados en algún cuerpo de escorial impermeabilizado.

Estos ejemplos nos enseñan que en la serie de los meláfiros deben haber reinado durante mucho tiempo condiciones semejantes y que el agua infiltrada debe haber estado en movimiento.

Las consecuencias de esta circulación pueden resumirse como sigue:

Ante todo debe anotarse un lavado progresivo de los productos de alteración primaria y subaérea secundaria primitiva. Ante todo es llevado el carbonato de calcio y las masas ocráceas y con intervención del sodio también algo de sílice libre. En las partes fofas superficiales se agrandan, entonces, los huecos. En las partes profundas de la serie o en cualquier otro lugar propicio se depositan estos materiales de nuevo y rellenan de a poco las grietas y cavidades en niveles cada vez más altos.

La corriente de agua subterránea prosigue en las partes más atacables, es decir, en las partes superficiales primitivas y las rebajadas, su labor destructora, aunque con velocidad considerablemente disminuída. Las zonas afectadas por cocción adquieren de

nuevo tonos pardos como las piedras resquebrajadas de la parte superior del escorial rebajado o como los componentes de la costra superficial primitiva.

A medida que aumenta la impermeabilización de los diferentes niveles de la serie eruptiva, disminuye la cantidad de las napas de agua en movimiento, de las cuales sobreviven hasta hoy solamente unas pocas, como nos enseñan las perforaciones. Estas napas que son surgentes (véase perfil V. y perforación 4 de Rincón del Bonete) demuestran por otra parte, que la serie de los meláfiros es impermeabilizada en gran extensión, especialmente en lo que se refiere a los cuerpos sólidos de los escoriales.

Esta impermeabilización cierra muchos caminos de filtración e inmoviliza ciertas napas de agua que forman en adelante una especie de bolsa de agua, chata y de gran extensión horizontal. En tal napa estancada podemos esperar sólo una cierta transposición de los componentes de la roca, por ejemplo una solución con nueva precipitación en la inmediata cercanía. La consecuencia sería la concurrencia de los productos de alteración, hasta ahora finamente distribuídos, en cuerpos o núcleos mayores, que constarían de partes de roca silicificada, de arcilla teñida por limonita y en parte silicificada, de carbonato de calcio y de algunos otros componentes. La calcita rellena nidos y vetitas.

Productos de alteracion superficial.

Puede esperarse una combinación de productos de alteración parecida a la de la alteración primaria. Si admitimos una transformación de la roca en sílice libre, alófano (arcilla), hidróxido de hierro, carbonato de calcio, silicato de magnesia coloidal de composición probablemente semejante a la serpentina y observada en muestras de perforaciones, a parte de combinaciones de sodio y potasio, la proporción entre estos productos se deriva de la siguiente manera:

El meláfiro normal de tipo del nuestras rocas contiene:

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	
En °/₀ de peso .	51,6	17,8	4,7	6,4	5,0	8.25	3,3	1,8	0,7	
En °/₀ vol. mol. .	57,4	11,7	1,95	5,92	8,14	9,9	2,8	0,9	0,53	
	3467	1193	312	426	329	554	174	82	—	= 6537

En la formación del alófano concurren $Al_2O_3 + SiO_2 + 5H_2O$ = 3439
» » » de la limonita concurren $2F_2O_3 + 3H_2O$ = 653
» » » del carbonato de calcio $CaO + CO_2$ = 990
» » » » silicato de magnesia coloidal admitimos
$3MgO + 2H_2O + 2SiO_2$ = 734
quedando silice fibre 1947

7763

a parte de combinaciones de Na y K que son llevados fácilmente y que arrastran, además, parte de la sílice, de modo que se elimina el exceso de 1226 unidades procedente de la agregación de CO_2, H_2O y O. Se obtiene una aproximada composición de

Alófano	Sílice libre	Limonita	Calcita	Sílicato de Mg col.
41, 7 %	25, 0 %	8, 4 %	12, 7 %	9, 4 %

lo que corresponde perfectamente a la relación observada en la pared de la zanja excavada sobre el perfil I (véase más abajo).

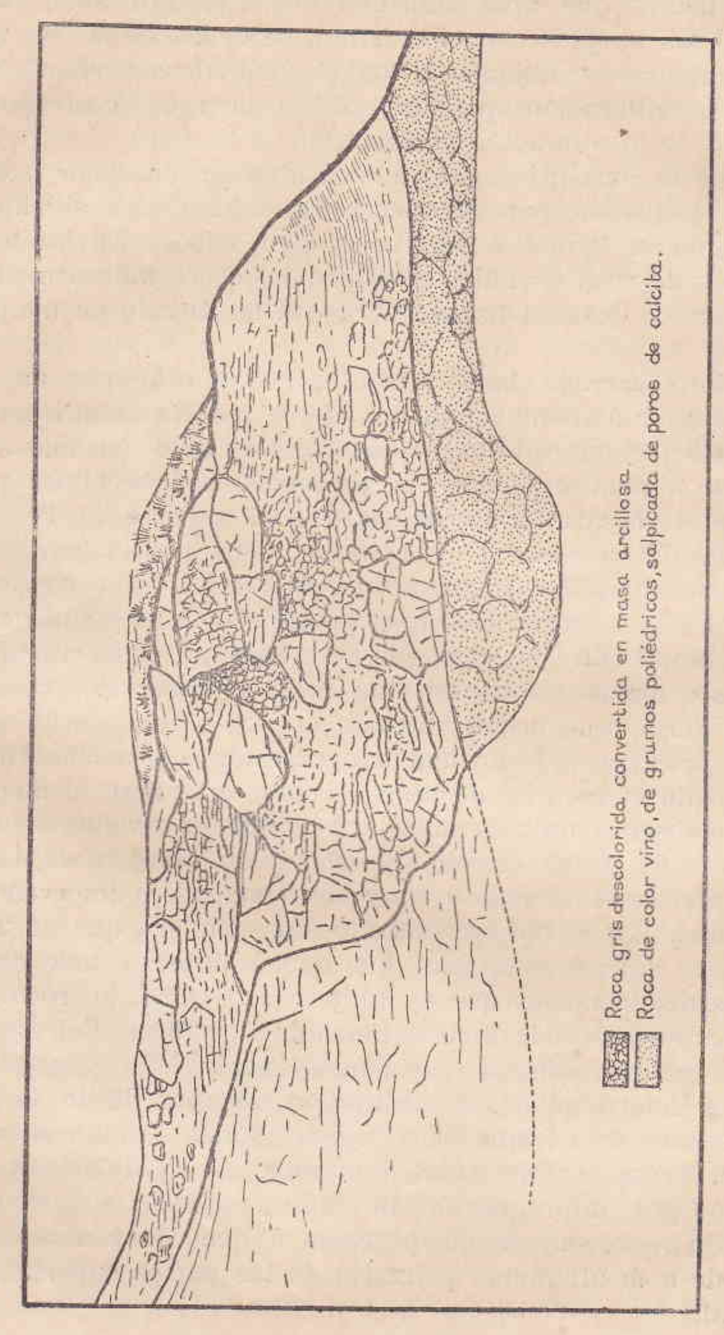
Alteración secundaria superpuesta.

Hasta tanto la serie de los meláfiros no sufre un ascenso general que permite a la erosión atacarla y surcarla, se mantiene el el estado de cosas descripto. La conservación de la serie eruptiva hasta nuestros días como cubierta coherente sobre cerca de un millón de kilómetros cuadrado, indica la ausencia de tales movimientos durante largas épocas. En el Cretáceo superior ha sufrido un descenso a raíz del cual se acumularon areniscas con dinosaurios en la superficie del campo eruptivo. Un ascenso general se produjo recién al final del Terciario y en el Cuaternario; con este ascenso y la incisión consecutiva de valles debemos relacionar un nuevo fenómeno de alteración que se revela en las observaciones hechas en afloramientos y perforaciones.

Afloramientos.

Uno de los afloramientos se halla en el Rincón del Bonete a unos 100m al sur de la casilla del ingeniero Drobnitzki y en el surco de un pequeño curso de agua intermitente que baja rápidamente del alto de la cuchilla, surcando apenas el faldeo compuesto de roca dura gris que aparece en bloques y trozos diseminados por la pendiente. Unos pocos metros sobre el nivel de la terraza sobresale un banco o una parte especialmente dura de la cual se desprenden bloques grandes. Donde el zanjón pasa por sobre este

nivel resistente, forma un pequeño salto y descubre la base del horizonte duro, constituída por la misma roca gris, pero totalmente deshecha por innumerables fisuras y convertida, además, en una



Zanja natural al S. de la casilla del Ingeniero Drobnitsky

masa gris clara muy arcillosa. Los trozos mayores, consistentes sólo en apariencia, sobresalen con superficies combadas y están rodeados por un sin fin de trozos angulares chicos separados entre sí por fisuras que aparentan una cierta estratificación. Cuando se golpean los bloques con el martillo, se deshacen a su vez en trocitos angulares, semejantes a los circundantes, pero algo concoidales. La alteración que ha sufrido la roca corresponde al primer tipo de la alteración secundaria.

Debajo de la roca gris aparece roca alterada de color rojo violáceo con pequeños poros rellenos de calcita, algo silicificada y desmenuzable en trocitos angulares poliédricos. El límite entre ambos tipos de roca es nítido y dentro del cerro más o menos horizontal, pero se levanta hacia afuera con un ángulo de inclinación creciente.

Siguiendo el arroyo hacia abajo, se vé aflorar por un trecho y en un espesor algo mayor de un metro todavía la misma roca; pero cerca del alambrado y del codo del arroyo en unos hoyos lavados por alguna creciente se presenta roca brechosa y todos los matices de roca alterada que poseen el aspecto de las partes superficiales de un escorial. A primera vista podría parecer que toda la parte alterada y coloreada de rojo y rojo vino corresponda a esta superficie. Pero a ello se opone el hecho ya mencionado de que el límite entre la roca gris y la roja no conserva una posición más o menos horizontal sinó en el interior del cerro y se eleva con cierta brusquedad hacia afuera. Si se tratase de un caso aislado, podría pensarse en una irregularidad de la superficie en que se asienta el escorial de roca de color gris; pero el mismo fenómeno se observa también en las tres zanjas excavadas sobre y al lado del perfil I de Rincón del Bonete y en Rincón de Cabrera. La repetición de este estado de cosas excluye la intervención de la casualidad. La forma de embudo nos sugiere que se trata de un sumidero lateral de aguas que deben haber estado cargadas de agentes disolventes y que el límite curvo entre la roca gris y la roja corresponde a la inclinación inicial y fuerte del espejo del cuerpo de agua infiltrada. Debemos admitir, entonces, que, bajo condiciones determinadas, la infiltración de agua desde la superficie del relieve transforma la roca gris, sólida, común en roca de color vino, desmenuzable en trocitos angulosos poliédricos, de aspecto vítreo por impregnación de sílice, es decir; se produce un estado de la roca, sumamente parecido al que conocemos ya y que corresponde a la alteración primaria de las partes superficiales de un escorial.

En consecuencia, no es siempre fácil dilucidar, si una parte alterada, con estos caracteres corresponde a la superficie o al cuerpo de un escorial. En el caso de que la alteración afecte las partes basales sólidas de un manto y la superficie del manto inmediatamente anterior, queda borrado el límite entre ambos.

Como parte superficial podemos considerar la roca brechosa que aflora, como dijimos, cerca del codo del arroyo y al lado del alambrado. La alteración subaérea actual común, combinada con erosión selectiva ha eliminado las porciones más deshechas y ha dejado solamente roca del aspecto y de las propiedades de la base de la roca gris.

Podemos completar las observaciones en el mismo horizonte alterado, en la zanja que coincide con el trazado del perfil I. Entre los 60 y 70m. sobre el mar, la zanja ha sido profundizada y esto precisamente allí, donde se encuentra el horizonte que nos interesa. En la parte contigua al faldeo se encuentra roca parda con huecos rellenados entre 60 y 66m. de altura que puede ser considerada como parte superficial del cuerpo de escorial, compuesto de roca gris-marrón que sigue abajo de los 60m. Arriba de los 70m se extiende otro cuerpo sólido de escorial que constituye lo alto de la cuchilla de Rincón de Bonete y que conocemos ya del perfil anteriormente descripto.

El límite inferior y superior de la parte de mayor alteración se inclina, como en el caso anterior, hacia el interior del cerro, pero adquiere pronto una posición más o menos horizontal, como puede verse en fig. 2. en que las líneas interrumpidas representan este límite, el rayado vertical la pared sur de la zanja y el rayado diagonal un montículo dejado en la zanja.

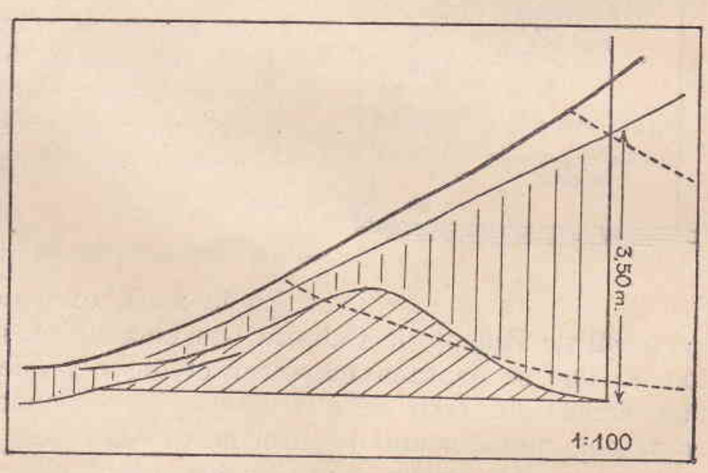


Fig. 2. Zanja sobre perfil I.

En la pared vertical del escalón labrado en la zanja aflora la parte de mayor alteración. En tiempo de mi visita, el alto de la pared estaba algo revestido por tierra, pero la parte inferior ofrecía un corte limpio y dejaba ver la distribución de los diferentes productos de

alteración, de cuya caprichosa agrupación y forma da una idea la figura esquemática 3.

Apenas la mitad de la masa alterada corresponde a la roca de aspecto vítreo, producido por silicificación, de color vino con manchitas blancas de carbonato de calcio y de cohesión casi nula. En parte ha adquirido un tinte azulado a causa de la reducción de las sales férricas por infiltración de materia orgánica, relacionada con la alteración subaérea actual. Dentro de esta masa que recuerda lejanamente una roca eruptiva, se encuentran encajados unos núcleos o jirones de arcillla de color rojo ladrillo; sus contornos son completamente irregulares y su tamaño varía entre un largo de 50cm. y de pocos milímetros. Algunas veces contienen en su interior o en su borde porciones de color verdoso-amarillento o toda la masa arcillosa posee este coloración.

Finalmente debe mencionarse la presencia de nidos de calcita irregularmente distribuídos por la masa alterada Según lo expuesto anteriormente, se trata de alteración interior secundaria en lo más. Así lo demuestran los testigos de las perforaciones 2, 3, 4, 5, 5 bis y 6 que constan al nivel que nos interesa, de roca de color rojo marrón relativamente sólida con jirones u horizontes de color rojo intenso, jabonosos y arcillosos y huecos rellenados por nidos de calcita, es decir. de productos de alteración cuyo orígen hemos derivado en página 15. La intensa alteración de las rocas de color rojo-marrón debe relacionarse, pues, con la alteración superpuesta secundaria que estamos tratando.

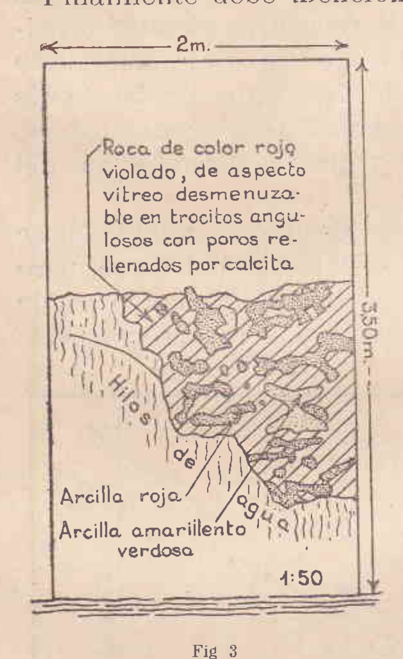


Fig 3

Zanja de Rincón de Cabrera.

En la zanja excavada sobre la línea del perfil de Rincón de Cabrera nos encontramos al pie del espolón en que se pensaba empotrar el dique y que se asienta sobre una terraza de 66m de altura que corresponde al nivel de la terraza del campamento de Rincón del Bonete.

Como en los casos considerados hasta ahora, la parte superior del espolón está constituída por roca de cuerpo de escorial que ha sido alterado en roca gris clara, arcillosa, de estructura globular concéntrica. Este producto de transformación

subaérea aparece en la parte superior del afloramiento de la zanja, mientras que la parte inferior, puesta a la vista en parte por un

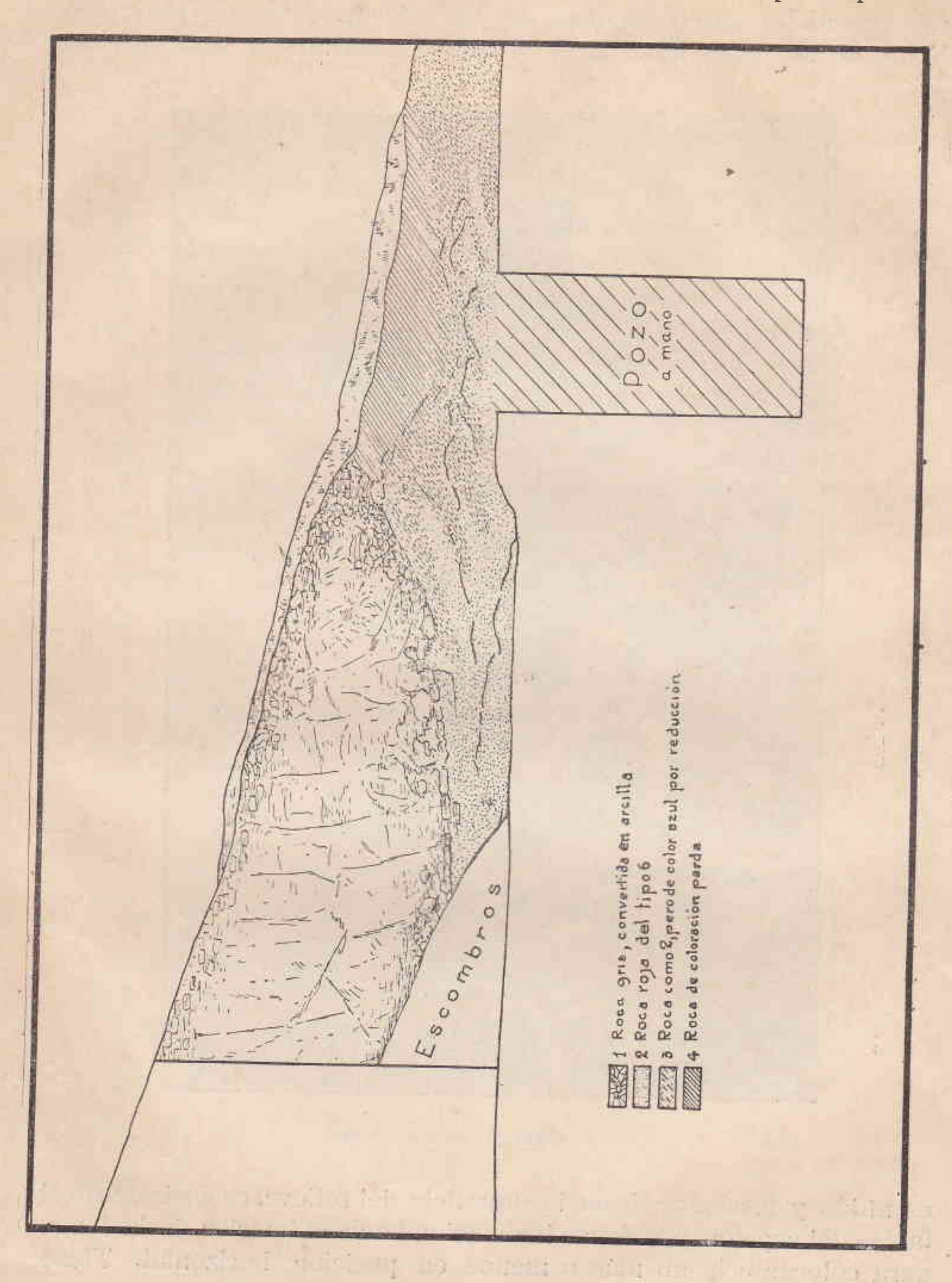


Fig. 4.—Zanja en Rincón de Cabrera

pozo excavado a mano está constituída por roca alterada de color rojo-vino, desmenuzable en trocitos silicificados con manchas blancas de calcita que conocemos de los afloramientos ya descriptos. Como en los casos anteriores, el límite entre ambos tipos de roca

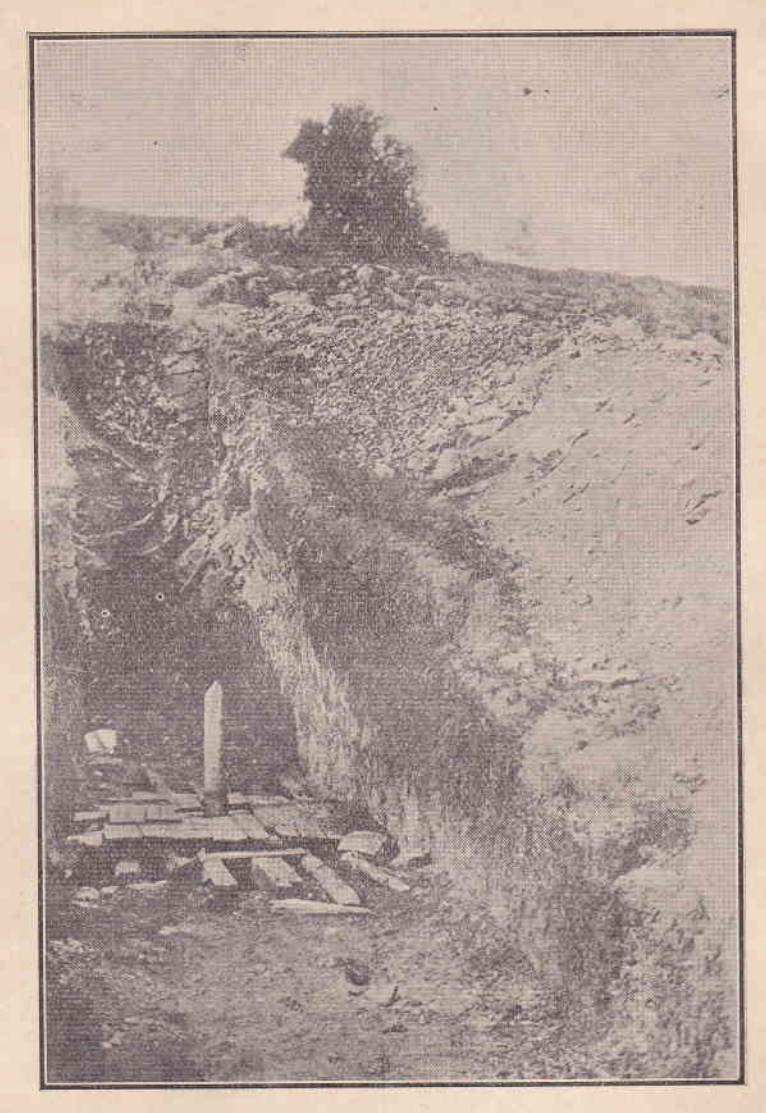


Fig. 5.—Zanja en Rincón de Cabrera

es nítido y desciende desde la superficie del relieve, es decir desde el faldeo del espolón, con fuerte inclinación hacia el interior de la loma, para colocarse luego más o menos en posición horizontal. Tiene

pues el mismo aspecto de sumidero como en los afloramientos descriptos y los mismos tipos de roca alterada. Llama la atención que la parte alterada en masa de color rojo se encuentra al nivel de la terraza que hemos puesto en relación con la terraza de Rincón del Bonete en cuyo nivel se hallan las rocas alteradas rojas.

A parte de esta alteración se nota aun otra más reciente que depende de factores actuales y que se expresa en una delgada cubierta de tierra con humus de 5 a 30cm de espesor. No se nota ninguna influencia sobre la roca gris arcillosa, pero el horizonte rojo ha sido convertido en pardo hasta 40cm de la base de la tierra con humus. Hacia abajo la parte parda, limonitizada termina dentellada y pasa a zona de tintes azulados debidos a la reducción del Fe_2O_3 por materia orgánica.

Perforaciones.

Si bien estos pequeños recortes dan una idea general de la composición y distribución de los diferentes tipos de roca alterada, no son suficientes para apreciar y distinguir la alteración secundaria superpuesta; debe ampliarse el radio de observaciones con las perforaciones en serie de los perfiles I, II, V de Rincón de Bonete (y I de Rincón de Cabrera).

A primera vista, la irregularidad en la distribución de los diferentes tipos de roca atravesada por las perforaciones parece impedir una apreciación acertada de las relaciones entre ellos y una interpolación fundada de las rocas que deben hallarse entre perforación y perforación. Las siguientes reflexiones permiten, sin embargo, una orientación más o menos satisfactoria.

En primer lugar debe recordarse que la posición de los mantos se aleja muy poco de la horizontal y que la inclinación hacia el oeste puede estimarse tanto para Rincón del Bonete como para Rincón de Cabrera en unos 5 minutos.

En segundo lugar puede contarse con una cierta persistencia de los cuerpos sólidos de los diferentes mantos que componen la serie. Esta persistencia debe ser mayor, cuando se trata de un escorial de espesor considerable, p. e. de unos 20 o más metros de grosor. En el caso de que haya tenido un espesor primitivo reducido o que haya estado expuesto mucho tiempo a la destrucción subaérea y haya sido rebajado considerablemente, su cuerpo puede haber perdido en gran parte hasta totalmente su solidez primitiva y haber sufrido la alteración secundaria primitiva interior que se ha descripto en páginas anteriores. Niveles de esta índole pueden sucumbir, además, con mayor facilidad a la alteración secundaria superpuesta que un cuerpo de escorial potente.

No debe perderse de vista que no deben confundirse partes alteradas correspondientes a níveles de deslizamiento interior de un escorial con partes superficiales. Pero aunque se pesen con todo cuidado las observaciones y carácteres de la roca extraída por la perforación, no estaremos siempre en condiciones de afirmar con plena seguridad donde se hallan los límites de los escoriales. Sin embargo, creo haber podido llegar a una interpretación acertada del sistema de mantos y del alcance de la alteración secundaria superpuesta.

Perforación 4 de Rincón del Bonete.

La perforación 4 de Rincón del Bonete nos sirve de padrón, porque ha alcanzado la base de la serie de los meláfiros y permite apreciar la sucesión de los mantos. El límite entre el primer manto y las areniscas de Gondwana del yaciente se halla a los 76m. debajo del nível del mar.

Los primeros 4m. de roca eruptiva constan de meláfiro gris verdoso sólido; entre — 71 y — 72m. se encuentra roca roja, desmenuzable en grumos poliédricos que corresponde, según mi parecer, a un nível de deslizamiento interior alterado por haber contenido una napa de agua durante algún tiempo. Hacia arriba sigue, hasta — 52m. roca gris sólida en grandes testigos, pertenecientes con claridad al cuerpo sólido del escorial. Entre — 52 y — 48m. se halla roca de color rojo, algo alterada, en láminas o lajas delgadas con interposición de jirones de arcilla roja. Según la exposición anterior, se trata de la parte superficial rebajada de un escorial afectada por alteración secundaria interior.

El segundo escorial ocupa con roca gris, fresca y sólida el espacio entre — 48m. y — 33m. Entre — 33m. y — 32m. se presenta, como caso singular, roca no atacada. dotada de burbujas vacías, seguida por meláfiro de color marrón rojo, en parte fuertemente alterado y deshecho en trozos angulosos resquebrajados a la vez que desmenuzable. Es probable que la alteración secundaria interior haya afectado no sólo la superficie rebajada del segundo escorial, sino también la base del escorial siguiente, de manera que el límite entre ambos escoriales puede fijarse solamente como situado entre los — 27m. y — 30m, siendo verosímil que la roca entre — 28m. y — 29m. pertenezca al tercer escorial.

El tercer escorial es de poco espesor y se extiende entre — 29m. y — 16.^{85} m. A la parte inferior del tipo de roca gris, común de los cuerpos sólidos corresponde el espacio entre los — 29m. y — 19m. y la parte superior muy alterada, roja con jirones de arcilla roja y

huecos rellenados parcialmente por calcita ocupa los niveles entre — 19m. y — 16.85 m.

El cuarto escorial es de poco espesor, debido a destrucción y rebajamiento secundario avanzado, acompañado por alteración de todo el cuerpo. Entre — 16.85 m. y — 13m. hay roca de color marrón un tanto deshecha en cascotes y en parte descompuesta. Entre — 13m. y — 11m. la roca roja, algo brechosa se encuentra en avanzado estado de alteración, pero ha adquirido nuevamente cierta cohesión, a causa de la infiltración de calcita y de óxido de hierro. Ubico el límite superior más o menos a los — 11m. y considero los trozos rojos alterados de forma de lajas como perteneciente a la base del escorial siguiente.

El quinto escorial ocupa, según mi opinión, el espacio entre + 31 y — 11m. y es con 42m. de espesor el más potente de los mantos de la serie de Rincón del Bonete. Entre — 11m. y — 1,45m. se encuentran rocas relativamente sólidas que han dado testigos grandes; ellos son del tipo del meláfiro marrón rojizo y del tipo basáltico gris verdoso. De — 5,5m. a — 5,9m. y de — 1,45m. a — 1,25m. observamos roca roja y rojiza con huecos grandes y chicos rellenados por calcita; esta roca está adherida firmemente a dos testigos del tipo del meláfiro sólido y, según mi parecer, se trata de guías producidas por la penetración de agua desde la napa en tensión que ha estado contenida en el escorial cuarto deshecho. Hacia arriba sigue hasta + 5m. meláfiro de color marrón verdoso típico y luego gris oscuro y gris mediano de aspecto basáltico hasta los + 22m. Ambas rocas son de gran resistencia y tenacidad y han dado testigos largos muy firmes. Entre + 22m. y + 26m. se halla roca completamente alterada y deshecha en terrones en parte arcillosos, perteneciente a la parte superior del escorial a la cual agrego todavía al meláfiro rojo marrón, relativamente sólido entre + 29m. y + 26m. y la parte compuesta de roca roja con huecos con calcita, de escasa consistencia y ubicada entre + 29 y + 31m. sobre el nivel del mar.

Entre + 31 y + 41m. sigue un conjunto de rocas que puede ser considerado como escorial que sería el sexto y habría sido muy rebajado y atacado por las alteraciones secundarias superficial primitiva e interior. Pero la comparación con los perfiles II y V y con el lado izquierdo del Río Negro en la región del perfil I nos muestra que debemos considerar este conjunto como parte inferior de un escorial mayor que dominamos sexto/séptimo que se extiende hasta los + 68m. de altura y tiene un espesor de unos 37m.

Entre + 35m y + 41m. han sido sacados testigos de regular tama-

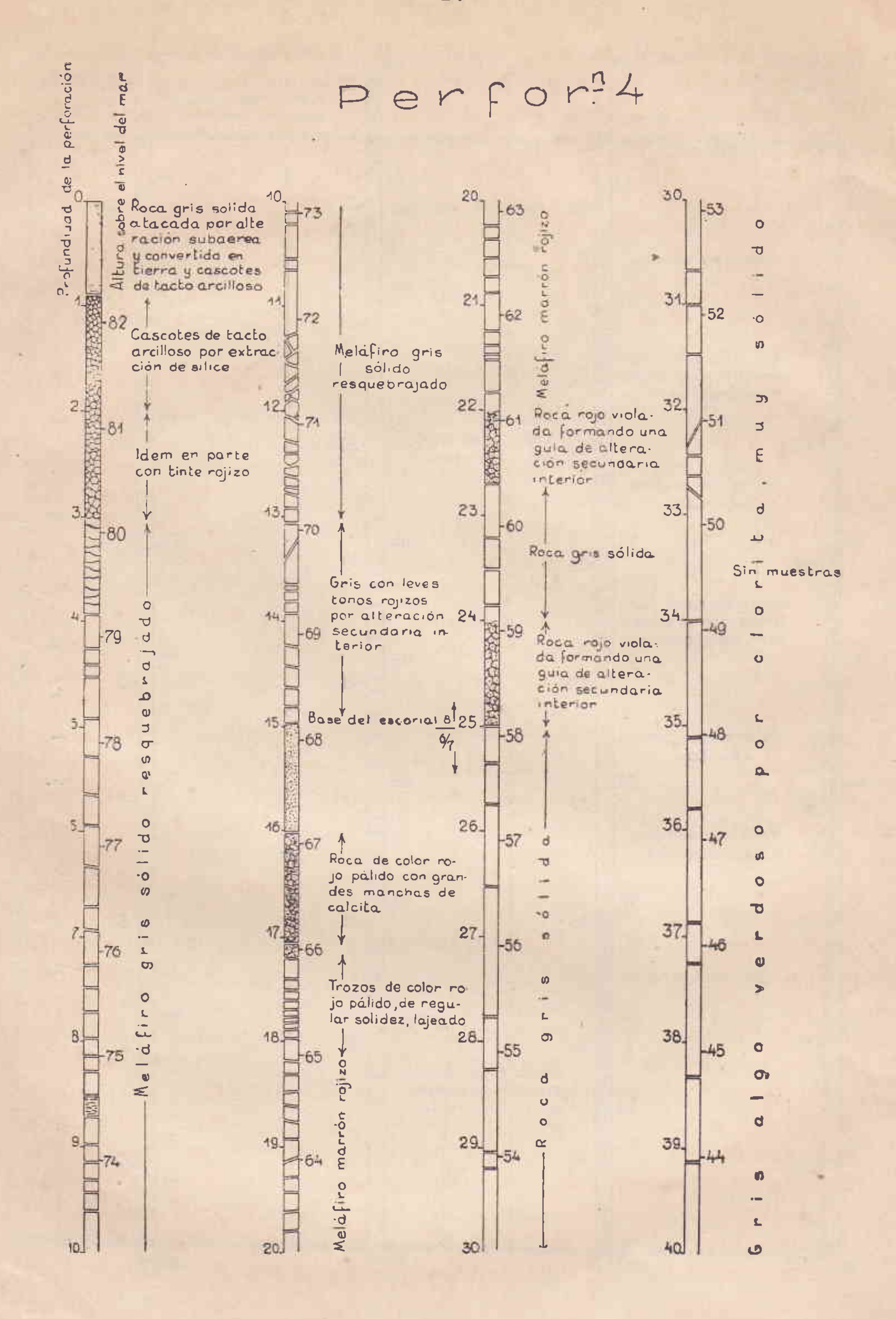
ño de meláfiro común, a veces algo rojizo y entre + 35m. y + 35,6m. roca gris; entre + 38m. y + 35,6m. existe nuevamente roca melafírica, en parte con manchas de calcita, relativamente densa e interrumpida alrededor de los + 36,5m. por una guía de roca totalmente alterada y convertida en una masa terrosa. De + 38m. a + 41m. se extiende la parte superficial muy descompuesta, constituída por roca de color rojo ladrillo con grandes manchas blancas de calcita y totalmente desmenuzada entre los +40m. y + 39m. de modo que no dió muestra de perforación. En este horizonte suele aparecer una napa de agua que se aloja también en la parte superior del quinto escorial.

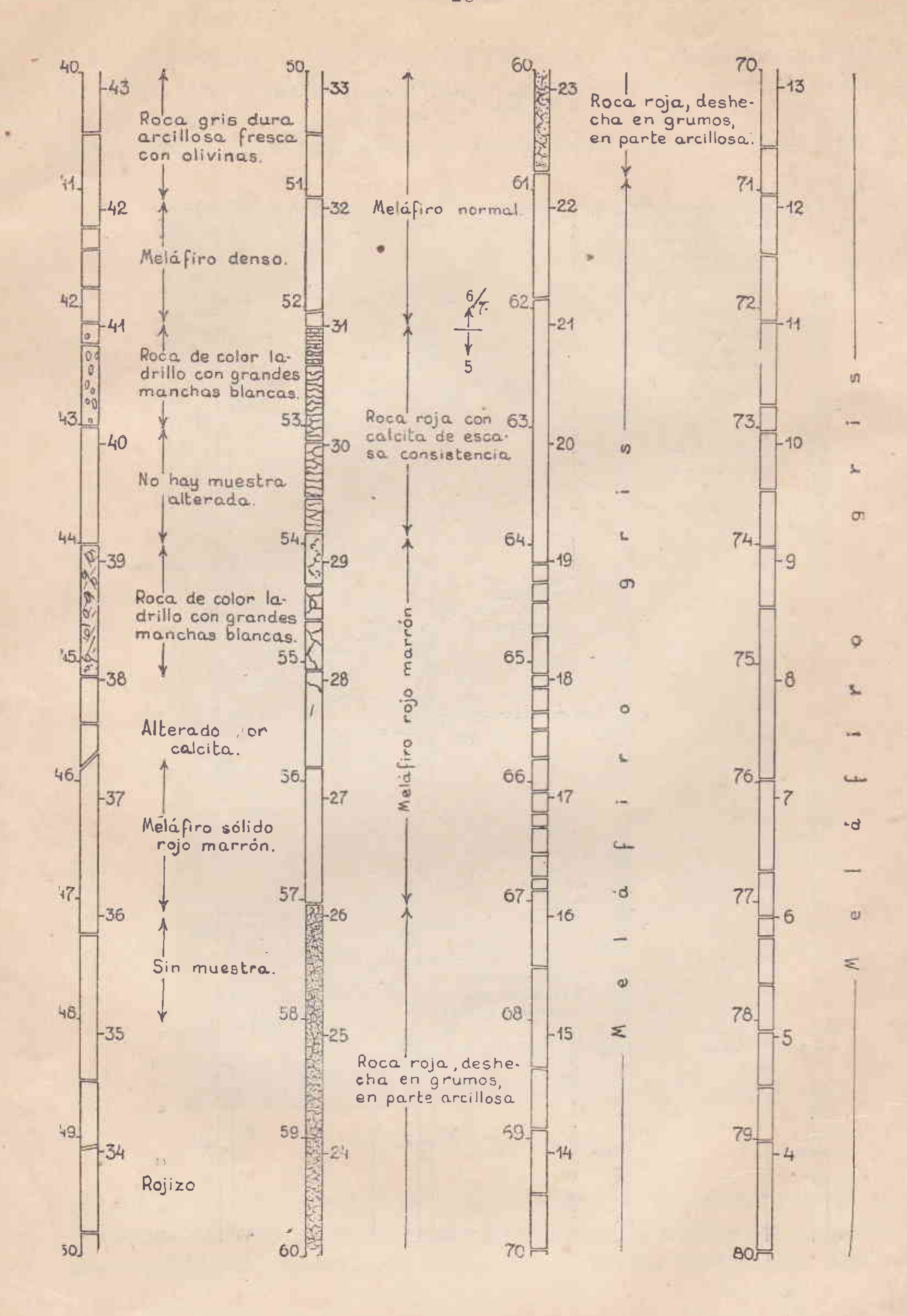
La sección superior del escorial sexto/séptimo posee en su base meláfiro denso, rojo marrón en cascotes de pocos centímetros de diámetro; el espesor del horizonte es de un metro; le sigue hasta los + 62m. roca gris, mayormente sólida, algo quebrada en la mitad superior. Entre + 58m. y + 59m. y entre + 61m. y + 60,25m. se presentan guías alteradas de roca desmenuzable rojo violada, producida por infiltración desde la parte permeable superior del escorial que empieza después de una intercalación de roca melafírica, levemente enrojecida y deshecha por alteración secundaria primitiva en trozos y cascotes quebrados.

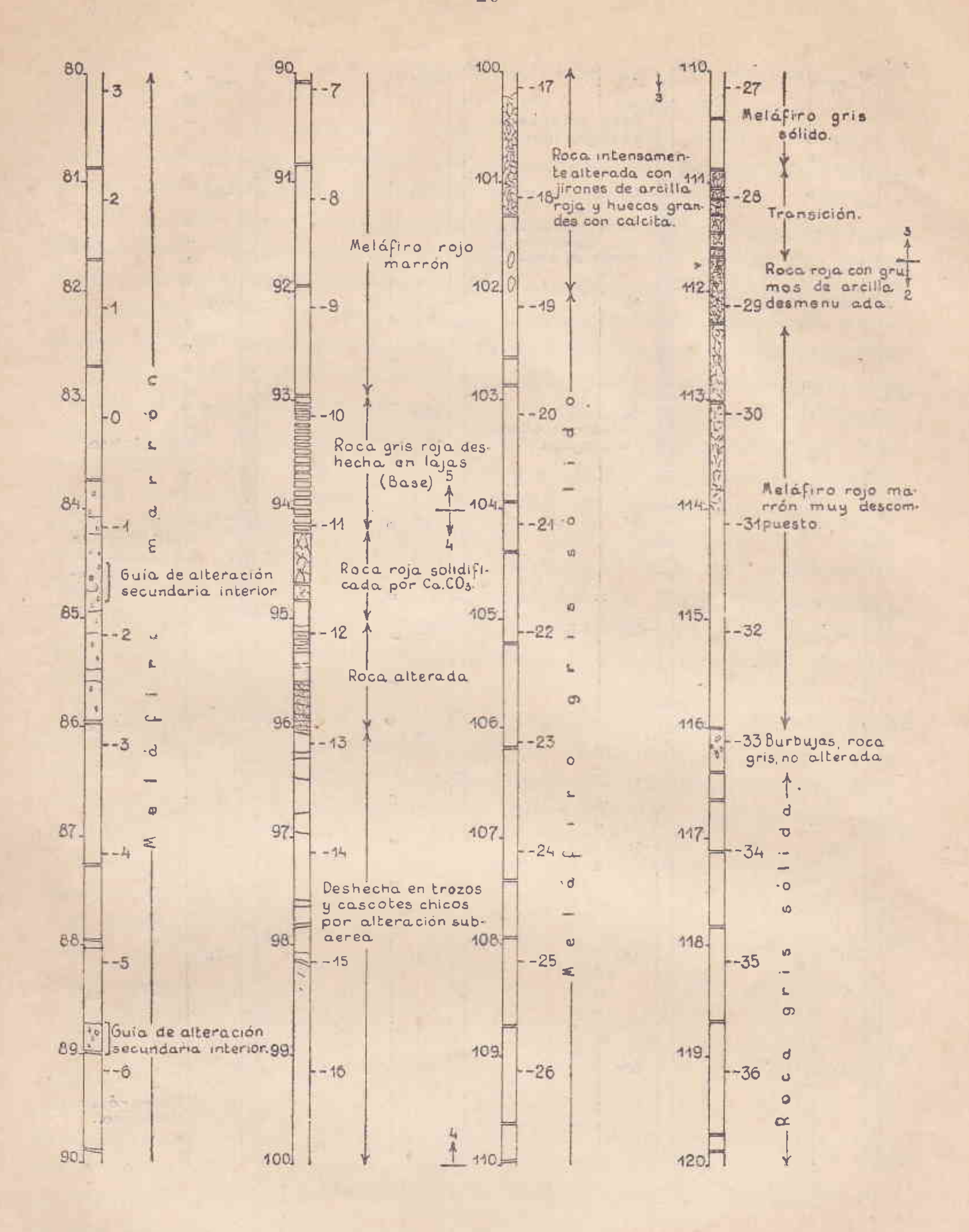
La parte superficial empieza a los + 65m donde fué constatado un nivel de agua; consta abajo, de 1,20m. de roca roja, a veces pálida, con grandes manchas de calcita, en parte más o menos firme, pero partida en lajas; luego sigue entre + 68m. y + 66m. roca roja, muy alterada con manchas blancas de calcita y convertida en una masa terrosa de color rosado.

El octavo escorial, que en realidad sería el séptimo, constituye la parte alta de la cuchilla de Rincón del Bonete y se extiende entre + 68m. y + 83,15m. de altura sobre el nivel del mar. Su parte superficial ha desaparecido y también una porción de su cuerpo sólido; la parte conservada consta de roca gris resquebrajada en todo su grosor por la alteración subaérea actual. En la parte basal posee, sobre 2 metros, tintes rojos por contaminación con el horizonte alterado de su yaciente inmediato.

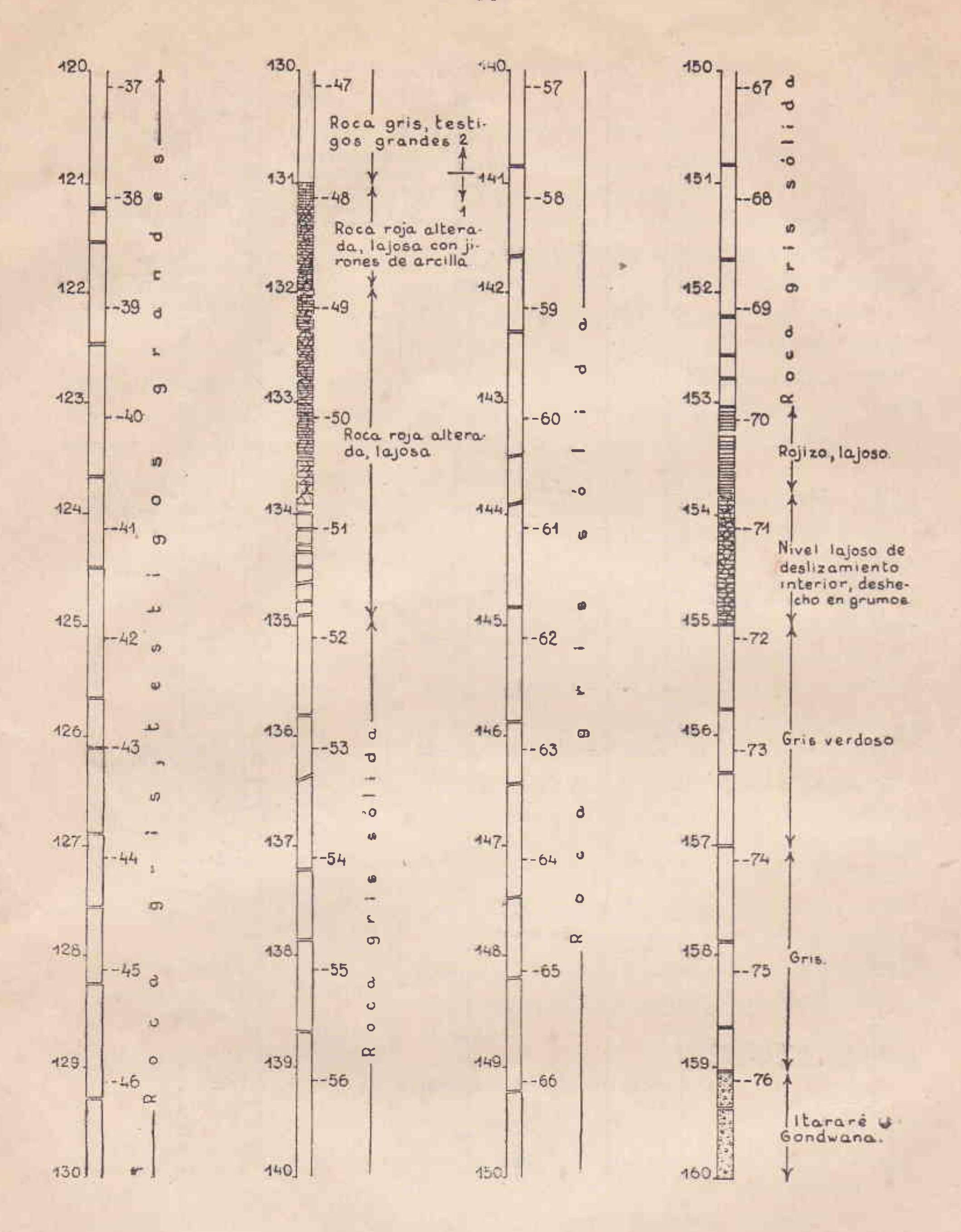
Para mejor ilustración de esta descripción se agrega un perfil de la perforación 4, en la cual se indican aproximadamente los tamaños de los testigos sacados que dan a su vez una idea clara de la resistencia y cohesión de las rocas correspondientes. Los demás caracteres de las rocas atravesadas por la perforación están indicadas al lado de la columna de testigos. Además, figura la división en los distintos mantos que acabamos de fundamentar.


Perfor.n 4
Profundidad de la perforación
Altura sobre el nivel del mar
Roca gris sólida atacada por alteración subaerea y convertida en tierra y cascotes de tacto arcilloso
Cascotes de tacto arcilloso por extracción de sílice
Idem en parte con tinte rojizo
Meláfiro gris sólido resquebrajado
Meláfiro gris sólido resquebrajado
Gris con leves tonos rojizos por alteración secundaria interior
Base del escorial
Roca de color rojo pálido con grandes manchas de calcita
Trozos de color rojo pálido, de regular solidez, lajeado
Meláfiro marrón rojizo
Meláfiro marrón rojizo
Roca rojo violada formando una guia de alteración secundaria interior
Roca gris sólida
Roca rojo violada formando una guia de alteración secundaria interior
Roca gris sólida
Sin muestras
Gris algo verdoso por color ta. muy sólido
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
82 81 80 79 78 77 76 75 74
10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
73 72 71 70 69 68 67 66 65 64
20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
63 62 61 60 59 58 57 56 55 54
30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40
53 52 51 50 49 48 47 46 45 44


40
43
Roca gris dura arcillosa fresca con olivinas.
41
42
Meláfiro denso.
42
41
Roca de color ladrillo con grandes manchas blancas.
43
40
No hay muestra alterada.
44
39
Roca de color ladrillo con grandes manchas blancas.
45
38
Alterado por calcita.
46
37
Meláfiro sólido rojo marrón.
47
36
Sin muestra.
48
35
49
34
Rojizo
50
50
33
51
32
Meláfiro normal
52
31
53
30
Roca roja con calcita de escasa consistencia
54
29
Meláfiro rojo marrón
55
28
56
27
57
26
58
25
Roca roja, deshecha en grumos, en parte arcillosa
59
24
60
60
23
Roca roja, deshecha en grumos, en parte arcillosa.
61
22
6/7
5
62
21
63
20
Meláfiro gris
64
19
65
18
66
17
67
16
68
15
69
14
70
70
13
71
12
72
11
73
10
74
9
75
8
76
7
77
6
78
5
79
4
80
Meláfiro gris



Meláfiro rojo marrón
Guia de alteración secundaria interior
Guia de alteración secundaria interior.
Meláfiro rojo marrón
Roca gris roja deshecha en lajas (Base)
Roca roja solidificada por $CaCO_3$.
Roca alterada
Deshecha en trozos y cascotes chicos por alteración subaerea
Roca intensamente alterada con jirones de arcilla roja y huecos grandes con calcita.
Meláfiro gris solido
Meláfiro gris sólido.
Transición.
Roca roja con grumos de arcilla desmenu ada.
Meláfiro rojo marrón muy descompuesto.
Burbujas, roca gris, no alterada
Roca gris solida



120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
-37
-38
-39
-40
-41
-42
-43
-44
-45
-46
Roca gris, testigos grandes
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
-47
-48
-49
-50
-51
-52
-53
-54
-55
-56
Roca gris, testigos grandes 2
1
Roca roja alterada, lajosa con jirones de arcilla
Roca roja alterada, lajosa
Roca gris sólida
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
-57
-58
-59
-60
-61
-62
-63
-64
-65
-66
Roca gris sólida
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
-67
-68
-69
-70
-71
-72
-73
-74
-75
-76
Roca gris sólida
Rojizo, lajoso.
Nivel lajoso de deslizamiento interior, deshecho en grumos
Gris verdoso
Gris.
Itararé ↓ Gondwana.

Las perforaciones restantes del perfil I de Rincón del Bonete.

El mismo estado de cosas se mantiene hacia el oeste hasta la perforación 5 bis que ha atravesado la superficie del séptimo escorial y ha penetrado algunos metros en su cuerpo sólido. El límite entre el escorial octavo y séptimo se halla, conforme a la casi total horizontalidad de la posición de los mantos a la misma altura que en el perfil de la perforación 4.

Hacia el este puede seguirse con toda claridad el cuerpo sólido del octavo escorial hasta la pendiente de la cuchilla, donde ha sido puesto a la vista por la zanja excavada sobre la línea del perfil I. Allí aparece luego la parte superficial alterada del sexto/séptimo escorial que hemos descripto en los afloramientos y que muestra la alteración secundaria superpuesta cuya naturaleza quedará en claro con el estudio del perfil I y la comparación de los demás perfiles con este. El cuerpo sólido del sexto/séptimo escorial forma la parte inferior de la ladera de la cuchilla y ha sido atravesado por la perforación 1 hasta su base.

En esta misma perforación puede reconocerse todavía la sección inferior del escorial sexto/séptimo; su parte superficial se encuentra al mismo nivel que en la perforación 4 y tiene espesor y composición semejante al que tiene en esta perforación. Su cuerpo sólido está convertido en mayor grado en roca marrón - rojiza y los niveles inferiores de roca gris muestran un intenso resquebrajamiento.

A los + 30,3m. es decir casi al mismo nivel, como en la perforación 4, se encuentra con pocos centímetros de diferencia el límite entre el escorial sexto/séptimo y el quinto. Su parte superficial consta aquí en todo su espesor de roca alterada en gran escala en una masa roja arcillosa, con interposiciones de meláfiro aún regularmente firme de color rojo-marrón con nidos de calcita. A los + 21m. es decir casi al mismo nivel que en la perforación 4, se encuentra el límite entre la parte superficial y el cuerpo sólido de roca gris. en la cual ha penetrado la perforación unos 12 metros.

En la perforación 75 se halla el cuerpo sólido del séptimo escorial rebajado por la erosión actual del río Negro. La base del manto está situada, como en las perforaciones anteriormente citadas, a los + 41m. El sexto escorial está representado por una angosta zona de roca roja alterada en su superficie y por meláfiro marrón, algo rojizo de poca consistencia en lo que corresponde al cuerpo del escorial.

Observamos, pues, de oeste a este una pérdida creciente de co-

hesión de este escorial; ella se explica por el hecho de que se trata de un manto muy afectado y resquebrajado por la alteración subaérea secundaria primitiva.

La base se halla, de acuerdo con la posición casi horizontal de la serie eruptiva a los + 31m. de altura y está atacada por alteración probablemente secundaria superpuesta desde el horizonte permeable formado por la parte superficial y alterada del quinto escorial.

Su cuerpo sólido no ha sido alcanzado por la perforación 75; pero no hay duda de que se halla inmediatamente debajo del fondo del pozo, porque en la perforación siguiente (74) se halla su límite superior al mismo nivel que en las perforaciones 1 y 4.

Perforación 74.

Mucho mayor es la transformación sufrida por las rocas atravesadas por la perforación 74. La boca de ella se encuentra a los + 50,67m. Entre la superficie y + 48,10m. se halla meláfiro verdoso rojizo, algo alterado, pero sólido con poros chicos que ha dado testigos de 10cm. de largo y que es algo resquebrajado. Luego sigue:

+ 48,15m.

meláfiro rojo - marrón con huecos hasta de un cm. de diámetro, vacíos o rellenados por calcita, en parte con inclusiones arcillosas rojas.

+ 47,65m.

roca quebrada en trozos, de interior gris verdoso hasta azulado y de superficie revestida de arcilla roja: hay grandes huecos con calcita y en parte la roca es lajeada horizontalmente en trozos chicos.

+ 47,35m.

roca como la anterior de color marrón rojo en si densa con tiras de arcilla roja.

+ 46,60m.

meláfiro de color marrón azulado, sólido, con poros.

+ 42,35m.

roca gris - densa, algo teñida de rojo y quebrada en astillas.

+ 41,60m.

roca gris con coloración de rojo subido en la superficie de los trozos; da testigos de 20cm. de largo.

+ 41,10m.

roca gris roja, lajeada en discos de 1 a 3cm. de ancho' en parte soldados por calcita.

+ 40,10.

Distinguimos dos horizontes de roca gris, sólida, pero quebrada y fisurada entre + 50,67m. y + 48,15m. y entre + 46,60m. y + 40,10m. Entre ellos se intercala una guía de roca transformada en parte en arcilla roja, talvez traída por agua circulante, y meláfiro marrón-rojo con huecos y relativamente sólido. Considero todo este grupo de rocas como perteneciente a la parte inferior del posible séptimo escorial, y esto con tanta mayor razón, cuanto que posee estructura de lajas horizontales, correspondiente al deslizamiento interior del escorial, localizado especialmente en sus niveles basales; además su límite con roca intensamente alterada de origen superficial se halla a la misma altura que en las perforaciones 4, 1 y 75. Vemos que el cuerpo sólido del séptimo escorial, de constitución uniforme sobre los 270 metros que miden entre las perforaciones 5bis y 75 ha sufrido alteración entre las perforaciones 75 y 74, representada por la sustitución lateral del meláfiro gris, sólido, por roca alterada roja y roja marrón.

Una transformación mayor ha sufrido el escorial que representa la sección inferior del escorial sexto/séptimo.

+ 40,10m.

Roca gris rojiza, deshecha en trozos chicos, con huecos chicos y grandes, de aspecto vítreo, con una guía de 1m. de color rojo.

+ 35,00m.

roca gris rojiza de trozos de 5cm. dotada de poros chicos, o densa de aspecto vítreo, en la base lajeada y negruzca grisácea con manchas de arcilla roja y soldaduras de calcita.

+ 30,50m.

A los + 30,50m. es decir al mismo nivel que en las perforaciones 1 y 4, empieza el quinto escorial con su parte superior muy alterada que con un espesor de 6m. reproduce las cualidades y la posición de la parte superficial del quinto escorial.

+ 30,50m.

El horizonte es en parte completamente desmenuzable, como p. e. entre + 27m. y + 25m.; donde la roca se conserva en forma reconocible, se constata que está compuesta de trozos brechosos de aspecto vítreo, roja entre los cuales se alojan jirones de arcilla roja. De los + 27,50m. procede una muestra interesante que paso a describir. (Fig. 6 y 7).

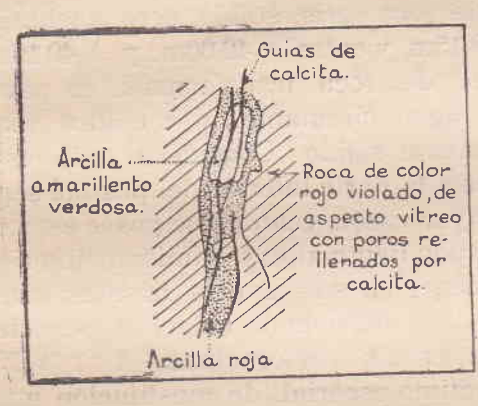


Fig. 6

Entre trozos alterados de color rojo vino, de aspecto vítreo por silicificación con burbujas chicas rellenadas por carbonato de calcio, se intercalan guías de color rojo ladrillo arcillosas, ocráceas que envuelven aun trocitos de la roca de aspecto vítreo y que penetran en ella con ramificaciones y raíces. Ahora se conserva este material únicamente contra los bordes de los trozos del primer tipo de roca o en pequeñas manchas dentro de una masa arcillosa de color verdoso amarillento pálido de la cual se ha extraído el óxido de hierro. Todo este conjunto es atravesado por venas de calcita y corresponde a lo que se ha observado ya en la zanja excavada sobre la línea del perfil I.

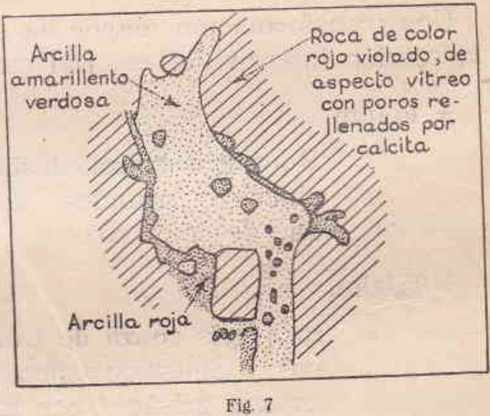


Fig. 7

+ 25,00m.

roca gris sólida del cuerpo del escorial quinto, representada por testigos en columnas largas.

+ 15,60m.

Perforación 26bis.

La perforación 26bis ha atravesado roca bastante alterada de es-

casa cohesión preferentemente de coloración roja. Debajo de una cubierta de médanos aparece a los + 50m. roca totalmente alterada hasta los + 48,35m.

+ 48,35m.

Roca roja marrón en trozos chicos, en sí sólidos, con huecos revestidos por calcita. Entre los trozos se encuentran guías de arcilla roja que puede haber sido traída por aguas circulantes.

+ 44,40m.

meláfiro común, algo azulado, sólido con amígdalas grandes.

+ 43,00m.

meláfiro marrón-grisáceo, en parte deshecho, en sí sólido.

+ 38,40m.

En este nivel podemos trazar el límite inferior del posible séptimo escorial del cual quedan como roca más o menos sólida los 6 metros inferiores, se halla a 1,7m. más bajo que en la perforación precedente. Todo este conjunto está más descompuesto que en la perforación 74. Con un brusco cambio siguen luego:

+ 38,40m.

roca de color rojo y marrón, por transformación de óxido de hierro en limonita, con jirones de arcilla roja y huecos con calcita; en parte es muy descompuesta y representa la parte superior del quinto escorial en un espesor de 7,20. casi idéntico al de la parte superficial en las perforaciones ya citadas.

+ 31,00m.

roca gris, dura, algo resquebrajada y posible base del escorial sexto/séptimo.

+ 29,60m.

meláfiro de color marrón-rojo, sólido, con guías de masa arcillosa roja y con huecos.

+ 27,30m.

roca gris, sólida, en la mitad superior algo fisurada.

+ 22,85m.

Perforación 26.

En la inmediata vecindad de la perforación 26bis fué colocada la perforación 26. Las rocas atravesadas por ella empiezan a los + 49,45m. y debajo de una cubierta de arena de médanos; están intensamente alteradas en casi su totalidad, de modo que ya no es dable reconocer los límites de los escoriales. La sucesión es la siguiente:

+ 49,45m.

Roca deshecha en trozos con superficies teñidas de rojo en sí sólidos; las fisuras contienen calcita.

+ 46,35m.

meláfiro de color marrón y rojizo con venas de sílice y nidos de arcilla roja.

+ 45,50m.

roca de color rojo ladrillo, de aspecto mayormente vítreo, con huecos con calcita, algo brechoso.

+ 43,50m.

meláfiro en trozos angulosos, con masa arcillosa rojiza.

+ 41,50m.

Según el nivel que ocupa esta roca, se trata de la parte basal de la sección superior (séptimo escorial) del manto sexto/séptimo.

+ 41,50m.

Roca alterada, de aspecto vítreo, rojo-violada con huecos de todo tamaño, con jirones de arcilla roja, algunos huecos contienen revestimiento de sílice, pero la mayoría de calcita, no faltan los huecos vacíos; desde los + 34m. adquiere cierta consistencia y puede representar a roca normal gris, ahora alterada.

+ 32,85m.

meláfiro marrón y rojizo deshecho en trozos soldados por calcita, numerosos poros rellenados por el mismo material.

+ 31,30m.

Como vemos, la alteración es tan importante que se puede trazar el límite entre los distintos escoriales sólo a base de su posición horizontal e interpolando su ubicación conforme a las observaciones hechas en las perforaciones antes mencionadas.

Perforaciones 21, 22, 23, 24 y 25.

Hacia el este se restablecen las condiciones normales con rapidez. En la perforación 21 se observa entre los + 56,50m. y + 47m. roca gris sólida, entre + 47m. y + 45m. una guía de roca roja, de aspecto algo vítreo en la superficie de los trozos que en su interior son grisáceas y encierran algunos huecos grandes; hasta los + 40,70m. sigue nuevamente roca gris, sólida, algo marrón, fisurada como todo el cuerpo de este escorial. Luego se presenta una nueva guía de roca alterada, semejante a la ya citada. Ella tiene un espesor de 1,5m. y se restablece el régimen normal de roca gris hasta el fondo del pozo. Llama la atención la ubicación de la segunda guía (inferior) que es la misma como en el lado derecho del río. No será equivocado relacionar los horizontes atravesados por esta perforación con la sección superior del manto sexto/séptimo.

En la parte fisurada por alteración subaérea actual, circula agua hasta los + 50m. es decir en los 6 a 7m. superiores de este escorial.

La perforación 22 ha atravesado entre + 63,27 y + 50,30m. roca gris marrón, sólida, afectada por fisuras en las cuales circula agua procedente del médano superficial hasta 5,5m. del límite entre ambos. Hasta + 44,25m. sigue roca normal, marrón, con huecos. Aquí se presenta roca del tipo 4 como probable prolongación de la guía superior de la perforación 21. El pozo 22 está alojado, entonces, totalmente en el escorial sexto/séptimo.

En la perforación 23 se encuentran entre + 68m. y + 54m. roca gris fisurada con circulación de agua en los 5 metros superiores, y en el medio roca gris fisurada con relleno arcilloso, rojo lavado y traído de niveles superiores. Después de una pequeña guía de roca alterada, sigue hasta el fondo del pozo (+ 45,35m.) roca marrón muy sólida, pero muy fisurada. Todo pertenece al escorial sexto/séptimo.

En las perforaciones restantes, 24 y 25, no cambia la constitución de las rocas siempre grises y firmes. En la primera de estas perforaciones se halla un horizonte delgado de coloración roja a los + 73m. y en la perforación 25 a los + 75m. que podría corres-

ponder al nivel superior del escorial sexto/séptimo, a juzgar por su posición, teniéndose en cuenta que los mantos acusan una leve inclinación al W. pero puede ser también una guía chica.

Consecuencias.

De esta exposición se desprende con claridad que en ambos extremos del perfil I, los mantos de meláfiro se encuentran bajo condiciones y muestran caracteres que corresponden a la acción de los distintos tipos de alteración reconocidas anteriormente. Se distinguen los cuerpos y las partes superficiales de los escoriales y su transformación preferente por rebajamiento y alteración subaérea secundaria primitiva y secundaria interior. Son estas las condiciones preponderantes que se mantienen en la margen derecha del río sobre 260m y en la margen izquierda sobre un trecho de más de 550m. de largo. La zona de alteración intercalada entre ambas supera poco los 200m. y se pierde hacia los dos lados.

Un fenómeno idéntico observamos en el perfil I[I] de Rincón del Bonete (también en perfil V y VII.) y con mayor claridad aun en el perfil I. de Rincón de Cabrera. Es característico que en todos estos lugares se encuentra el desarrollo normal de los mantos en la zona de las cuchillas y la zona alterada dentro de la faja sujeta a la erosión del río desde la época del ascenso general, es decir desde el Terciario superior y luego durante el Cuaternario. Como se desprende de la descripción del perfil I la alteración, que denominamos *superpuesta*, está ligada a un sumidero más o menos vertical de agua que se encuentra instalado en un determinado lugar del valle erosionado por el curso del río Negro, mientras que debajo de otras secciones del valle reinan. como p. e. en el perfil V. como también en I, condiciones normales.

Esto significa que la sola presencia de agua del río no es suficiente para la explicación del fenómeno. La ubicación de las partes alteradas en las zanjas descriptas a la altura de terrazas o restos de terrazas, ocupadas aún hoy en gran parte por pantanos nos da el indicio para la comprensión de la alteración superpuesta.

Cuando empezó el movimiento ascendente que motivó la incisión de los ríos, sus cursos vagaban sobre una planicie de escasa altura, formando meandros como consecuencia de la insignificante pendiente. En los lados convexos de las vueltas existían, entonces, pequeñas barrancas, sobre las cuales seguía avanzando el río; en los lados cóncavos, en cambio, que el río iba abandonando poco

a poco, quedarón viejos brazos cortados en forma de lagunas, rodeadas por abundante vegetación mayormente palustre.

Durante el ascenso los cursos de agua mayores conservaron sus cauces y sus meandros se cortaron en la roca firme, que había llevado hasta ahora la superficie, formando los llamados meandros forzados.

El ascenso no llegó por un sólo empuje a la medida que posee actualmente, sinó era lento e interrumpido por etapas de quietud tectónica, en las cuales el río y sus afluentes mayores pudieron explayar su lecho. Los fondos anteriores de los valles se conservaron en parte hasta nuestros días como terrazas despues de la profundización hasta su situación actual.

Durante las épocas de tranquilidad, entre las cuales podemos incluír también el estado inicial ya mencionado del proceso, el río trató de ensanchar su valle, avanzando sobre el lado convexo de los meandros y dejando tras si una faja anegadiza cuya formación se facilitó por la acumulación de médanos. Como antes de iniciarse el ascenso y la profundización, se instalaron allí lagunas y pantanos con abundante vegetación, mayormente palustre. Lo mismo pudo ocurrir, aunque en menor escala, en las partes convexas, cuando el río pudo estirar o enderezar su curso.

Tales fajas anegadizas con abundante vegetación se conservan todavía en algunos lugares sobre terrazas, como p. e. sobre la terraza del campamento de Rincón del Bonete, en el lado izquierdo del río al sur del perfil II, en gran extensión a lo largo de la orilla derecha al oeste de Rincón del Bonete, lugares que son mencionados con algún mayor detalle en la descripción geólogica de Rincón del Bonete y que estan anotados en el mapa correspondiente.

Los pantanos y la Flora de las fajas anegadizas produjo en su tiempo y produce hoy todavía el ácido húmico que se infiltra en la pendiente vecina y especialmente en sentido vertical por las fisuras de la roca de por sí ya algo atacada por alteración subaérea. Donde el agua dotada de ácido húmico alcanza a un nivel afectado ya anteriormente por alteración primaria, subaérea secundaria primitiva y por la transformación secundaria interior es decir partes superficiales alteradas de los distintos escoriales de la serie o donde llega hasta un nivel de deslizamiento interior de un cuerpo de escorial, se filtra esta agua y provoca un nuevo proceso de alteración y transformación.

Por la descripción de los perfiles de las zanjas y de las perforaciones hemos visto que se producen tipos de roca alterada semejantes a los que conocemos como consecuencias de los procesos

de alteración anteriores. La intensa coloración roja que la alteración secundaria superpuesta trae consigo hace pensar en la existencia de laterización en la época de estos procesos. Así lo indica también la frecuencia de zonas palidecidas y convertidas en masas arcillosas pertenecientes al relieve producido por la incisión del sistema desaguadero actual. No tengo, por ahora, una explicación satisfactoria para la propagación de la coloración roja, es decir de la hematita, hacia el interior de los sumideros; por alguna razón se debe haber impedido su transformación en limonita; talvez sea que la hematita producida por la laterización superficial haya sido transportada al interior junto con silice (ópalo) y alófanos y que estos la hayan protejido contra la alteración.

Es difícil fijar la época en que pueden haberse formado estos sumideros. Es perfectamente posible que se hayan producido tales filtraciones desde los brazos muertos y meandros abandonados de un río Negro antíguo, anterior al ascenso general de la región, que vagaba serpenteando en un talweg de ancho considerable. En vista de que este estado de cosas tuvo una duración muy larga que abarca acaso la mayor parte del Terciario, resulta explicable el alcance de la alteración consecuente tanto en lo que se refiere a su intensidad, como a su extensión areal. No debe extrañar la apróximada coincidencia del curso actual del río con la ubicación de los sumideros, porque sabemos que el curso de agua ha mantenido en sus líneas generales su cauce a traves de los acontecimientos posteriores.

Las mismas condiciones de alteración reinaron todavía en la época en que se elaboró la terraza en que está situado el campamento de Rincón del Bonete, relacionada con la terraza del campamento de Rincón de Cabrera, desde la cual se produjo la infiltración de agua, causante de la alteración secundaria superpuesta tratada en la descripción de los afloramientos en las zanjas naturales y artificiales.

Como vemos en los perfiles I, II y otros, la alteración secundaria superpuesta no ha atravesado con igual intensidad toda la potente serie de los meláfiros, sinó resulta ser atajada por el cuerpo sólido del escorial de mayor espesor, el del manto quinto.

Tipos de rocas.

Como es natural, existen entre un meláfiro fresco y bien conservado y un producto de extrema alteración de estado terroso toda clase de transiciones y etapas intermedias. Entre ellas se destacan

algunos tipos de roca por su frecuencia y espesor que paso a describir y que se han señalado en los perfiles. Los procesos que han conducido a su formación son, como vimos, bastante complicados y un determinado producto de alteración puede ser ocasionado por procesos sucesivos y en distintas ocasiones.

Distinguimos convenientemente siete tipos de roca que constituyen tres grupos, a saber:

Primer grupo: Tipo 1. El meláfiro que puede llamarse fresco se asemeja por su solidez y color gris oscuro a una roca basáltica terciaria; los huecos suelen ser escasos y contener rellenos de zeolitas, de calcita o de calcedonia; su pasta está bién conservada y los cristales de feldespato forman un fieltro más o menos intacto; a menudo subsiste aun la olivina. La roca posee la solidez y tenacidad primitiva, procedente de la estructura interior y se halla en los cuerpos de escoriales potentes.

» » Tipo 2. El meláfiro típico posee algunos indicios de transformación de sus minerales que se expresa en su coloración peceña - morada, producido por el verde de la clorita procedente de la alteración de las augitas y acaso de la serpentina procedente de la alteración de las olivinas y por el rojo y los tonos azulados de las sales férricas y ferrosas procedentes de la alteración de las olivinas, en menor escala de las augitas y de una alteración parcial de las magnetitas. La consistencia de esta roca es, a pesar de una alteración interior de los feldespatos, acaso mayor aun que la de la roca del tipo 1 a causa de la penetración de la clorita (y serpentina) en forma de fieltro por entre los demás cristales, especialmente entre las plagioclasas.

En este grupo de rocas se conserva aun integramente la textura primitiva y se cuenta con una ausencia casi absoluta de coloides; no se ha producido aun ninguna desintegración de porciones mayores o menores de la roca, transpuestas o transportadas a otros lugares.

Segundo grupo: Tipo 3. Roca aun melafírica, de color pardo rojizo, generalmente intensamente resquebrajada; la coloración parda suele ser más frecuente en el interior de los trozos cuya parte exterior posee colores rojos. Son frecuentes huecos de forma caprichosa vacíos o rellenados por calcita que se ha depositado también en las fisuras.

Este tipo de roca puede aparecer tanto en la parte superficial de un escorial, como en su cuerpo en el cual se intercala entre rocas del tipo 1 o 2 como guía o como nido o mancha grande.

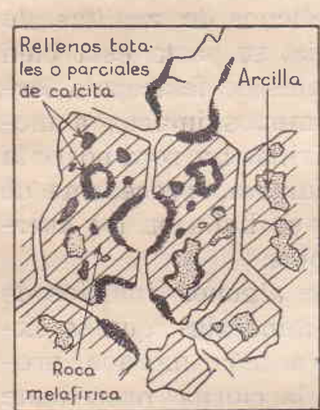
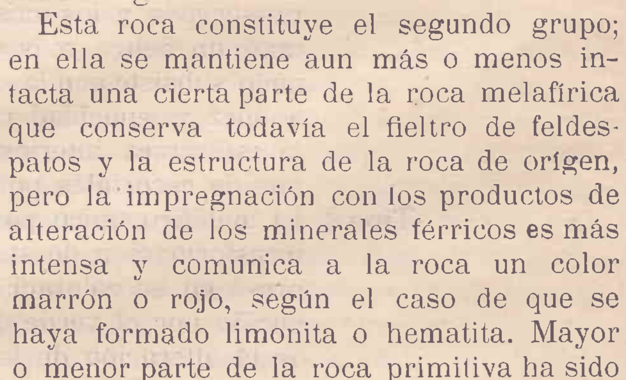


Fig. 8



Esta roca constituye el segundo grupo; en ella se mantiene aun más o menos intacta una cierta parte de la roca melafírica que conserva todavía el fieltro de feldespatos y la estructura de la roca de origen, pero la impregnación con los productos de alteración de los minerales férricos es más intensa y comunica a la roca un color marrón o rojo, según el caso de que se haya formado limonita o hematita. Mayor o menor parte de la roca primitiva ha sido desintegrada y convertida en alofano, sílice, carbonato de calcio etc. y ha sido lavada y eliminada por trasporte a otros lugares. En los intersticios se suele encontrar a veces una depositación de material arcilloso rojo, y casi siempre calcita en huecos y fisuras.

La solidez de esta roca es precaria. La permeabilidad puede ser considerable, pero el paso del agua puede ser dificultoso hasta imposible, a causa de la incomunicación práctica entre muchos de los huecos y del relleno de los intersticios por calcita y por arcilla.

Tercer grupo: Tipo 4. Roca de color marrón, morado, rojizo, hasta gris negruzco, aparentemente compacta, de aspecto vítreo, quebradiza; cuando posee los tres primeros colores suele tener huecos chicos y grandes, vacíos o rellenados total o

parcialmente por calcita lechosa, a menudo de coloración verdosa; su escasa compacidad ha favorecido la formación de hematita y de limonita que le dan su coloración. Cuando la roca es gris negruzca tiene generalmente poros pequeños; ella es más compacta lo que ha facilitado la formación o conservación de FeO que le da el color oscuro, acaso con algún manganeso. Hay interposiciones de masa arcillosa en pequeña escala. El aspecto vítreo procede de la silicificación. Se trata de rocas del cuerpo de un escorial del tipo 1 y 2, hasta 3, afectadas por alteración interior y superpuesta secundaria.

Tercer grupo: Tipo 5. Roca de coloración rojo - viva o marrón - roja, a menudo brechosa, por contener trozos angulosos o carcomidos y redondeados de roca de tipo 4, a veces del tipo 3, con jirones interpuestos de arcilla roja o descolorida por extracción de hierro, con huecos vacíos o rellenados por calcita. La diversidad de colores se debe a la presencia de limonita o de hematita. Puede poseer consistencia considerable y dar testigos grandes, cuando faltan grandes manchas de arcilla y cuando es soldada por calcita o por arcilla coloidal con abundante impregnación de hematita. Se trata de roca resquebrajada y luego alterada de un escorial rebajado, afectado por alteración interior y superpuesta secundaria.

» » Tipo 6. Roca de color rojo - violáceo y rojo - vino, homogénea, de aspecto vítreo con poros chicos, rellenados por calcita, como la del tipo 4, pero desmenuzable en trocitos poliédricos, de cantos filosos; sobre las roturas pueden aparecer tintes azulados, debidos a la reducción de la hematita por materia orgánica infiltrada con el agua. La roca se presenta de preferencia en zonas afectadas por alteración secundaria superpuesta como p. e. en la zanja natural al sur de la casilla del ing. Drobnitzki. Se trata de roca del cuerpo de un escorial fuertemente alterado.

Tercer grupo: Tipo 7. Roca de color rojo y rojo - ladrillo, intensamente alterada, brechosa o deshecha; los trozos más o menos sólidos pertenecen al tipo 6 y están envueltos en masa arcillosa, roja; hay huecos vacíos o parcialmente rellenados por calcita; se convierte con facilidad en material terroso a base de restos de roca del tipo 6, hasta 4 y jabonoso por la abundancia de grandes jirones de arcilla.

La roca ha sido descripta con cierto detalle en ocasión de tratarse el perfil de la zanja excavada sobre la línea del perfil 1 de Rincón del Bonete entre + 60m. y + 70m. aproximadamente; ella pertenece con preferencia a las partes superficiales de los escoriales y comprende muy probablemente los efectos de los 3 tipos de alteración secundaria; su presencia, aunque escasa, en la prolongación de la parte sólida del escorial sexto/séptimo muestra que representa también el producto de alteraciones anteriores moderadas y de la alteración secundaria superpuesta en el cuerpo de un escorial.

Las rocas del tipo 4/7 constituyen el tercer grupo; se caracterizan por la destrucción casi total del meláfiro de orígen y su sustitución por sílice, arcilla, limonita hidrosilicato de magnesio y por hematita y calcita. Las cuatro primeras se encuentran en estado coloidal y la hematita suele impregnar finamente distribuída sílice y arcilla. Una investigación microscópica dará más detalles. La cohesión es muy precaria, hasta nula y los desplazamientos son fáciles con abundacia de arcilla. Existe permeabilidad manifiesta, tanto por los intersticios entre los trozos desmenuzables en los espacios ocupados por las rocas del tipo 4 y 6, como en el material terroso.

Los perfiles II y V de Rincón del Bonete

Considero ante todo estos perfiles, porque complementan satisfactoriamente las observaciones hechas en el perfil I y porque ofrecen el mayor interés para la construcción del dique.

Perfil II.

Para la orientación a través de las perforaciones del perfil II y la diversidad de las rocas atravesadas por ellas se dispone de una serie de hechos reconocidos en la consideración del perfil I.

1) La posición aproximadamente horizontal de los mantos, criterio ya utilizado con resultado satisfactorio en la interpretación del perfil II. Por de pronto puede contarse con una escasa inclinación de este a oeste o de oeste a este que no influye prácticamente; también es pobable una mínima inclinación en el sentido del meridiano.

2) Conocemos el espesor de cada uno de los mantos de la serie, el nivel en que se hallan sus límites, sus cuerpos sólidos y sus partes superficiales alteradas y las propiedades particulares de ellos. Dada la escasa distancia y la gran persistencia de los mantos, podemos esperar volverlos a encontrar en el perfil II.

3) La existencia de una zona de alteración secundaria superpuesta que ha atacado especialmente al manto sexto/séptimo sobre un ancho de unos 200m pero que ha respetado el cuerpo sólido del manto 5.

4) La ubicación del sumidero en el valle del río y el pasaje paulatino, hacia ambos lados, en mantos de caracteres normales que se hallan en la zona de las cuchillas.

Consideramos primeramente la sucesión de los mantos alcanzados por las perforaciones del perfil II, hasta donde ellas sean utilizables, por abarcar un espesor de rocas suficiente. Ellas nos informan sobre la constitución del subsuelo entre los + 80m. y + 13m. aproximadamente. Puede esperarse, entonces, encontrar los mantos 5, 6/7 y 8 del perfil I.

En él, el manto quinto se extiende desde — 11m. hasta + 30m. aproximadamente; su cuerpo se destaca por estar constituído por roca gris, dura, muy bien conservada, de gran tenacidad y de espesor considerable que pasa a la parte superficial alterada entre los + 20 y + 22m. La parte superficial oscila entre 7m. y 10m. de espesor y consta de preferencia de roca del tipo 7. La extrema alteración de algunos niveles hace pensar en la presencia de algún horizonte de agua dentro de esta zona.

La única perforación que llega en el perfil II hasta el nivel que tiene el cuerpo del manto quinto en el perfil I, es la que lleva el N.º 77 bis y se interna desde los + 21m. hasta los + 13m. es decir 8m. en un cuerpo sólido, de roca gris muy compacta y de los caracteres del escorial quinto, al cual corresponde exactamente en cuanto a su límite superior con su parte superficial.

Esta llega en las perforaciones 77bis, 27 y 28 con roca del tipo 7 y también 5 hasta + 32m. + 31m. es decir al mismo nivel que en el perfil I. En la perforación 77bis fueron encontrados tres niveles de una napa de agua dentro de la parte superior del escorial quinto a los + 30m. + 25,5m. y + 32m.

Sin temor de equivocación puede atribuirse, pues, esta sección entre + 13,65m. y + 32m. al quinto escorial del perfil I; y esto es tanto más factible, cuanto que otro hecho corrobora esta opinión. La alteración secundaria superpuesta y el sumidero que ha provocado ésta, se encuentra en la cercanía de la perforación 77bis y ha descompuesto grandemente las rocas del techo y la parte superficial del escorial 5, pero ha dejado intacto su cuerpo sólido, al igual que en en el perfil I.

Una vez reconocido este hecho, puede esperarse encontrar tambien en el perfil II el escorial sexto/séptimo con una posición y con caracteres semejantes. En el perfil I posee 27m. de espesor (entre los + 31m. y + 68m.) y consta en la margen derecha del río de una parte inferior de unos 10m. de espesor, alterable con mayor facilidad, correspondiente al cuerpo sólido, que está mejor desarrollado entre los + 41m. y + 60m. En la margen izquierda no se destaca la sección inferior alterable, el cuerpo sólido ocupa con composición más o menos uniforme, con rocas del tipo uno y dos, acaso del tres, todo el espesor que le corresponde.

En el perfil II, ninguna de las perforaciones atraviesa este escorial desde su techo hasta su yaciente, es decir desde el manto octavo hasta el quinto. La perforación 9 cruza entre + 58,62m. y + 23,62m solo su cuerpo sólido compuesto esencialmente por roca del tipo 2, en el cual se hallan guías de roca roja alterada del tipo 6 a los + 48/49m. + 45,5/46,5m. y + 40/41m. Los primeros dependen claramente de la infiltración desde la ladera cercana y la tercera, procedente posiblemente del sumidero, se presenta más constante; por este carácter y por su posición coincide con el límite superior de la sección basal del escorial sexto/séptimo del perfil I.

La perforación 7, cuya boca se halla a los 78,70m. de altura y sobre la cuchilla del lado derecho del río, atraviesa primeramente el cuerpo sólido de un escorial que tiene su base a + 65,5m. y luego sigue hasta los + 60m. la parte superficial de otro, compuesto de rocas del tipo 7 y 4. Abajo de los + 60m. la perforación penetra un poco en el cuerpo sólido del mismo. De la comparación con el perfil I resulta la posible paralelización del escorial superior con el manto octavo y la de la parte superficial de su yaciente con la del escorial sexto/séptimo.

En las perforaciones 11 y 12 se repite aproximadamente la misma distribución de rocas. Sus bocas se encuentran a 79,15m. de altura aproximadamente y atraviesan roca del tipo 1 y 2 perteneciente al cuerpo sólido del escorial octavo hasta los + 64,50m. Entre + 68m. y + 69m. se intercala en ambos pozos una guía de roca alterada, quebrada y teñida levemente de rojo que no representa ninguna parte superficial, sinó simplemente un nivel algo atacable, acaso de deslizamiento interior, del cuerpo sólido de un escorial.

Debajo de los + 64,50m. se presenta en ambas perforaciones roca del tipo 3 y 5 correspondientes a la parte superficial del escorial sexto/séptimo y llegan hasta los + 60m. es decir al mismo nivel que en la perforación 7. Mientras que en la perforación 11 sigue luego el cuerpo sólido de este escorial con roca del tipo 1, la parte del cuerpo sólido contigua a la parte superficial está alterada en roca del tipo 6 en un espesor de 4 metros.

Vemos, entonces, que los mantos del perfil I se repiten con pequeñas diferencias de nivel y de constitución que se aprecian apenas, casi íntegramente en el perfil II.

Esto puede hacerse extensivo también a la sección del perfil correspondiente a la margen izquierda del río, donde disponemos solamente de una perforación suficientemente profunda, que lleva el número 28. En ella, cuya boca se halla a los 63,71m. de altura, se han atravesado primeramente 12,2m. de arena de médano y de arcilla. A los + 52,50m. se encontró roca del tipo 2 y 1 pertenecientes al cuerpo sólido del escorial sexto/séptimo, que se mantiene hasta + 31m. es decir hasta el mismo nivel en que se halla el límite entre los escoriales sexto/séptimo y quinto en los perfiles I y II, en los que se refiere a la sección ya descripta. La parte superficial del escorial quinto está compuesta de roca del tipo 3, afectada solamente por las alteraciones antiguas con exclusión de la secundaria superpuesta.

Según su situación, esta perforación corresponde a la que en el perfil I lleva el número 21; efectivamente las propiedades son similares, existe sólo la diferencia de que en la perforación 28 la sucesión de rocas bien conservadas no es interrumpida por guías de alteración. El restablecimiento de la solidez de las rocas se produce, entonces, más rápidamente sobre esta pendiente de la cuchilla que en la zona del perfil I.

Se ha empleado el término, restablecimiento, porque al pie de la ladera izquierda del río se nota una disolución del manto sexto/séptimo en camadas de mayor o menor alteración; esta alteración corresponde a la que llamamos secundaria superpuesta y depende de

un sumidero que es de la misma índole que el del perfil I, cuya prolongación representa. A más de la perforación 27 lo atraviesa la perforación 77bis que, como vimos, llega hasta la parte sólida o el cuerpo del quinto escorial. Ambas pasan por la parte superficial de este escorial, que está intensamente alterada y convertida en gran parte en roca del tipo 7. Por la inseguridad de su posible distribución he dejado de lado los otros tipos de roca que con espesores reducidos se intercalan en este horizonte. En la perforación 77bis contiene, como ya se mencionó, horizontes de agua.

En los niveles correspondientes al escorial sexto/séptimo alternan rocas del tipo 1, 4 y 6. En el pozo 27 se conserva roca gris, sólida entre los +50m. y +44,5m, interrumpida a los +47,5m. por una guía de roca alterada del tipo 6. Entre los +44,5m. y +32,5m. la mitad de la roca alterada consta del tipo 4, la otra del tipo 6, mientras que en la perforación 77bis hay una leve preponderancia de la roca menos alterada del tipo 4. Esto nos indica, acaso, que el sumidero se halla con su eje algo más cerca de la perforación 27 que de la 77 bis. En todo caso es de suponer que la faja de mayor alteración se encuentre entre estas dos perforaciones.

Como en el caso anterior del perfil I, la alteración superpuesta limita su acción al escorial sexto/séptimo y a la parte superficial del quinto escorial, no se interna en su cuerpo sólido.

Perfil V.

A pesar de la escasez de perforaciones ubicadas sobre el trazado del perfil V y la distancia considerable entre la mayoría de ellas es posible interpolar satisfactoriamente las conexiones entre los distintos tipos de rocas encontradas e individualizar los diferentes escoriales que conocemos del perfil I y II.

Las perforaciones que alcanzan hasta una profundidad suficiente para penetrar en el cuerpo sólido del escorial quinto son las que están ubicadas dentro del lecho del río. Las que llevan los números 81 y 82 no están situadas exactamente sobre la línea del perfil, lo que explica ciertas anomalías en la distribución de las rocas atravesadas por ellas en comparación con las otras perforaciones. Pero estas diferencias no son suficientemente importantes para impedir una comparación con las demás observaciones.

Sin mayor dificultad puede reconocerse el cuerpo y la parte superficial del escorial quinto que posee en el perfil V una ubicación casi completamente idéntica al que tiene en el perfil I. Con gran regularidad se presenta en las perforaciones 79/82 el cuerpo debajo

de los + 24m. es decir unos 2 metros más alto que en la perforación 4 del perfil I, pero aproximadamente al mismo nivel que en las perforaciones del medio del río, 74, 26 y 26bis. La parte superficial del escorial quinto termina hacia arriba con gran regularidad a los + 31m. entre las perforaciones 80,81,82 y 79 contra roca gris o marrón, sólida del cuerpo del escorial sexto/séptimo y se halla a una distancia de 200m. al oeste, en la perforación 40 a los + 32m. Esta coincidencia con lo observado en los perfiles I y II prueba que el escorial quinto se extiende hasta el perfil V, distante unos 2 kilómetros de éstos. Aparte de su ubicación en los mismos niveles el escorial quinto del perfil V se caracteriza por la presencia de un horizonte de agua surgente en su parte superficial, encontrado en las perforaciones 80, 82 y 79, pero, al parecer, ausente en la perforación 81. Esta ausencia se explica con facilidad con que la parte atravesada por este pozo contiene material arcilloso en abundancia que la impermeabiliza. No resulta, pues, extraño que el horizonte de agua dividido en tres napas y encontrado en la perforación 77bis no sólo sea limitado a la zona de esta perforación, sinó que también sea, además, de escaso rendimiento. La napa de agua, surgente en el perfil V, está alojada por lo tanto en un horizonte de condiciones de filtración muy variables entre ausente, hasta dificultosa y fácil; no puede haber duda de que se trata de la parte superficial del escorial quinto de constitución muy variada entre roca del tipo 3, 5 y 7 con una participación muy irregular de arcilla como relleno de rajaduras acarreada por grietas y fisuras desde otras partes o como productos de las diferentes alteraciones, especialmente de la secundaria interior y, acaso, de la secundaria superpuesta, precipitado casi in situ.

Hacia la perforación 41 asciende el límite superior de esta zona alterada con horizonte de agua hasta los + 35m. y produce con ello la impresión de una inclinación oriental de la serie de los mantos de meláfiro. Es muy probable que esto ocurra, porque en el perfil I se insinúa la misma tendencia en la margen derecha del río, donde es, sin embargo, más débil que en el perfil V. Esta inclinación se manifiesta en el horizonte de agua, en el límite superior de la parte superficial del escorial quinto entre las perforaciones 41 y las del lecho del río. Además, la volvemos a encontrar entre las perforaciones 10 y 41.

El horizonte de agua se halla en la perforación 41 entre los + 32,45m. y + 33,15m. a unos 100m. más al este, en el pozo 40 se encuentra más o menos a los + 31m. a juzgar por la ubicación de un nivel fuertemente descompuesto y convertido en material terroso;

200m. más al este, en la perforación 79, entre + 29,4m. y + 39,4m. en las perforaciones 81 y 82, situadas fuera de la línea del perfil, desciende hasta los + 29m. y en la perforación 80 hasta + 27,40m. En total se inclina sobre una distancia de 420m. que mide entre el pozo 41 y 80 unos 5,6m. es decir, más o menos 1,3m. por cada 100m. o sea unos 45' a 46'.

Este desnivel podría ser explicado también con una distribución irregular de las partes permeables contenidas dentro de la parte superficial del escorial quinto; pero existen todavía otros horizontes característicos que poseen una inclinación aproximadamente idéntica. Me refiero en primer lugar al límite entre la parte superficial del escorial quinto y el cuerpo del escorial sexto/séptimo. En la perforación 41 se halla a los + 34,5m. en la perforación 40 a los + 32m. y en las perforaciones 79 y 80 a los + 31m. y + 28m. respectivamente. El desnivel entre los extremos, distantes 420m. entre sí, alcanza a 5,5m. es decir a 1,3m. sobre cada 100m. o sea unos 45'. Entre la línea de la napa de agua y la del límite entre los escoriales quinto y sexto/séptimo reina, entonces un paralelismo casi perfecto.

Una inclinación semejante acusa el escorial sexto/séptimo en su límite superior con el octavo escorial y el que separa su cuerpo de su parte superficial. Las únicas perforaciones que han atravesado esta parte son las que llevan los números 10 y 41. En la primera se encuentran entre + 77,16m. y + 70m. rocas del tipo 2, entre + 70m. y + 68m. un nivel de roca del tipo 3 y hasta + 65m. roca del tipo 4. Luego siguen hasta + 61,5m. 3,5m. de roca muy alterada del tipo 7, perteneciente a la parte superficial del escorial sexto/séptimo, hasta + 57,5m. roca del tipo 5, esdecir algo menos alterada que la anterior, pero con los caracteres producidos por las alteraciones subaérea primitiva e interior secundaria y correspondientes a la parte rebajada y superficial del escorial. Los últimos 5m. de la perforación se hallan en roca del tipo 3 con restos del tipo 2 que corresponde, según mi modo de ver, ya al cuerpo del escorial sexto/séptimo.

La perforación 41, asentada en 65,95m. sobre el mar, ha atravesado primeramente 3,4m. de roca gris marrón quebrada, relativamente sólida del tipo 2 y 3 mezclados que afloran en el borde de la barranquita sobre la cual se halla la perforación como cornisa de roca firme, grisácea, atribuible, sin duda, al escorial octavo, parte basal. Hasta + 5,68m. sigue roca, de preferencia del tipo 5 que representa la parte superficial del escorial sexto/séptimo y hasta + 37,5m. roca del tipo 1 y 2 del cuerpo del escorial y hasta + 34,5m. roca del tipo 6, como parte basal alterada de este cuerpo.

El límite superior del escorial sexto/séptimo desciende, entonces, desde + 65m. hasta + 63,5m. y el límite entre su cuerpo y su parte superficial de + 58,5m. a 56,8m. El menor descenso del segundo límite se explica fácilmente con una cierta irregularidad en el alcance vertical de las alteraciones subáerea primitiva o interior, secundarias. El descenso del límite superior es de 1,5m. es decir, 1m. por 100m. igualmente muy parecido al que acusan los niveles característicos interiores.

Al seguir al escorial sexto/séptimo hacia el este, vemos que ha sido atravesado por la perforación 40. Su cuerpo, casi intacto en la perforación 41, posee en la perforación 40 tres guías de roca alterada del tipo 6, una a los + 48m. otra a los + 45/46m. y la tercera a los + 40/41m. esta últimå se halla al mismo nivel que en la perforación 4 y otras vecinas separa la parte inferior del escorial sexto/séptimo si la masa superior. La presencia de estas guías parece indicar la cercanía de un sumidero cuya ubicación exacta no puede fijarse a causa de la gran distancia de la perforación próxima que lleva el número 79. Podría ser que se intercale entre ambas una zona de alteración superpuesta vertical. Pero no está fuera de toda probabilidad de que debemos buscarlo a mayor distancia y que se presente con caracteres menos pronunciados que en los perfiles I y II. Una comparación de las observaciones 79,82, 81 y 80 nos puede suministrar una idea al respecto.

En la perforación 79 observamos la siguiente sucesión de rocas

+ 49,84m.

arena aluvional

48,05m.

roca porosa, de aspecto vítreo, rojiza en el interior de los fragmentos, azulada en las superficies de éstos deshecha en discos delgados, perteneciente al tipo 6 con escasa participación del tipo 4, no diferenciado en el perfil, en los 50cm. primeros.

Cantidad de testigos mayor que 20 por m.

45,35m.

roca en sí gris y sólida, pero sumamente quebrada y fisurada, en parte agujereada, de un tipo combinado entre 1 y 3.

Cantidad de testigos mayor que 10 por m.

39,80m.

roca gris u sólida, compacta;
de 39,8 — 38,8 cantidad de testigos 3 por m.
de 38,8 — 36,8 » » » 10 por m. (Clivaje oblicuo)
de 36,8 — 34,8 cantidad de testigos 8 por m.
de 34,8 — 31,8 » » » 3 por m.

31,80m.

roca roja con poros del tipo 4, aun sólida, no representada en el perfil y comprendida en el cuerpo sólido del manto sexto/séptimo.
Cantidad de testigos 3 por m.

30,80m. — Base del escorial sexto/séptimo
roca roja, deshecha del tipo 7; horizonte de agua surgente, material terroso.

29,00m.

roca algo más sólida, azulada por reducción de la hematita, con poros con calcita del tipo 7.

26,80m.

roca gris, enrojecida sobre las fracturas, con grandes huecos con calcita, en parte de color marrón; tipo 5, entre + 26,80 y + 27,50m. y tipo 3 hasta la base.
Cantidad de testigos 3/4 por m.

24,80m.

Roca convertida en material terroso; tipo 7.

24,60m.

roca gris del tipo 1, quebrada, con venas de calcita en fajas anchas horizontales y meláfiro del tipo 2.
Cantidad de testigos 6 por m.

22,60m.

roca resistente, color de meláfiro del tipo 2 con tipo 1, en parte con las olivinas conservadas.
Cantidad de testigos 2 por m.

21,60m.

roca gris del tipo 1
de 21,6 — 19,80 cantidad de testigos 2 por m.
de 19,7 — 18,8 » » » 1 por m. (con olivina)
de 18,8 — 14,8 » » » 1—2 por m.

14,84m.

Como vemos, en esta perforación el cuerpo del escorial sexto/séptimo está muy transformado en los 4,5m. superiores, ya sea por alteración superpuesta, ya sea desde la superficie actual. Me inclino a ver en esta transformación la acción de la alteración superpuesta, porque la roca del fondo del lecho del río se presenta con mucha frecuencia en estado fresco y bien conservada. La zona alterada en cuestión debe derivarse, pues, de algún sumidero más o menos cercano. No necesita la misma explicación la parte bastante alterada de la base de este escorial, porque se explica con la acción destructora del horizonte de agua surgente inmediatamente inferior; pero en todo caso puede ser considerada como producto de la alteración superpuesta, o mejor de la alteración secundaria interior, aun en función.

La perforación 81 dió la siguiente sucesión de horizontes:

+50,50m.

arena aluvional

48,50m.

rocas alternantes de color de meláfiro y rojas, de aspecto vítreo gris azulado, quebradizas del tipo 6, en gran parte deshechas.

44,80m.

roca menos alterada, con manchas rojas del tipo 4 deshecha en numerosos trozos.

41,50m.

roca gris, roja del tipo 3.
de 41,5 — 38,5m. cantidad de testigos 9 por m.
de 38,5 — 36,5m. » » » 4 » m.
de 36,5 — 34,0m. » » » 10/20 por m.

34,00m.

roca roja del tipo 6, en testigos de regular tamaño, pero muy quebradiza
cantidad de testigos 5/10 por m.

29,50m. — Base del escorial sexto/séptimo.
Roca deshecha del tipo 7; horizonte de agua.

28,50m.

roca del tipo 5, roja;
cantidad de testigos sólidos 4/5 por m;
de 10/15cm. c/u., el resto está deshecho.

26,20m.

roca gris del tipo 4, con tipo 1.
cantidad de testigos 7.

24,50m.

roca gris del tipo 1.
cantidad de testigos 5 por m.

El cuerpo del escorial sexto/séptimo ha sido afectado muy seriamente por alteración, sin duda superpuesta; las partes sólidas, en buen estado de conservación, que encontramos en las perforaciones 79 y 80 se insinúan solamente por roca del tipo 1 casi consumida en el ambiente de roca del tipo 3. Podemos contar, pues, con la cercanía de un sumidero.

La perforación 82 atravesó la siguiente serie de rocas:

+50,70m.

arena aluvional.

49,70m.

fragmentos de roca resistente torneados por la corona; el testigo mayor tiene un largo de 15cm. los menores un tamaño de medio puño. Roca del tipo 3.
Cantidad de testigos 12 por m.

48,70m.

roca gris, muy quebrada, en parte lajeada, en sí sólida, pero dividida en trozos sin cohesión entre ellos, atribuible mayormente al tipo 3.

de 48,7—47,7m. fragmentos torneados por la corona; cantidad de testigos 30 por m.
de 47,7—46,7m. fragmentos algo mayores. A los +47,5m. se halla un testigo de 5cm. de largo y a los + 47,0m. uno de 25cm. de largo, roto por clivaje oblicuo,
cantidad de testigos 12 por m.
de 46,7—44,7m. roca lajeada horizontalmente y separada en discos; entre + 46,7 y +45,7m.
cantidad de testigos 15 por m.
entre +45,7 y +44,7m.
cantidad de testigos 30 por m.

44,70m.

guía de roca gris-azulada, arcillosa, humedecida, intensamente lajeada; se deshace con facilidad. Blanda del tipo 6.
cantidad de testigos 37 por m.

43,70m.

roca de aspecto melafírico, manchada de marrón rojo y de verde, en trozos en sí sólidos, pero sin cohesión mutua, puede atribuirse al tipo 3.
de 43,7—42,2m. gran cantidad de fragmentos chicos
de 42,2—41,7m. cantidad de testigos 9.
de 41,7—40,7m. » » » 28 por m.
A los +41,2m. la roca empieza a adquirir tonos rojos y pasa al tipo 6 que luego impera.

40,70m.

roca relativamente consistente, de color rojo y azulado, algo arcillosa con poros chicos con calcita, muy deshecha en trozos y lajas; tipo 6.
de 40,7—39,7m. completamente deshecho.
de 39,7—39,3m, intensamente lajeado.

39,30m.

roca relativamente sólida, pero quebrada del tipo 3.
de 39,3—38,7m. cantidad de testigos 6.
de 38,7—37,7m. cantidad de testigos 16 por m.
de 37,7—36,7m. » » » 12 » m.
de 36,7—35,7m. » » » 6 » m.

de 35,7—34,7m. » » » 4 » m.
de 34,7—33,7m. » » » 7 » m.
de 33,7—32,7m. » » » 6 » m.
de 32,7 -31,7m. » » » 6 » m.
do 31,7—30,7m. » » » 10 » m.

30,70m.

roca gris - azulada, arcillosa y roja con poros con calcita de consistencia regular.

cantidad de testigos 6.

29,50m.

roca roja con abundante arcilla del mismo color, poros rellenos de calcita, del tipo 7; la roca se rompe con gran facilidad; horizonte de agua surgente.

28,50m.

roca de color rojizo - verdoso, verde, con pasta grisácea de aspecto vítreo, a veces brechosa, en testigos de tamaño grande, pero frágiles; se rompen según planos oblícuos u horizontales al primer golpe de martillo; roca del tipo 5.

cantidad de testigos 4/5 por m.

25,20m.

roca gris, sumamente sólida y fresca, a menudo con olivinas conservadas del tipo 1; en los 50cm. superiores contiene amígdalas de calcedonia con coloración verde; hay frecuentemente testigos de 1/2 metro de largo.

cantidad de testigos 2 a 5 por m.

15,70m.

Como vemos, la solidez y conservación de las rocas atravesadas por esta perforación es menor que en las dos anteriormente tratadas. Entre los +49,70m. y +39,30m. la consistencia es muy escasa, luego siguen, hasta los +30,70m. 8,6m. de roca regularmente sólida, que es reemplazada luego por 5,5m. de roca de mala calidad hasta los +25,20m. Debajo de este nivel sigue roca de óptima calidad. En los niveles, en que las perforaciones vecinas dieron con extensiones de rocas relativamente frescas, se presentan en la perforación 82 tipos de roca de alteración mas avanzada, pero pertenecientes al cuerpo del escorial sexto/séptimo. La sustitución la-

teral de horizontes de roca de alteración por otras mucho más atacadas infica la presencia de alteración secundaria superpuesta y con ella la de un sumidero que llega hasta la parte superficial del escorial quinto, atravesando casi todo el cuerpo del escorial sexto/séptimo, hasta donde ha sido respetado por la erosión.

La ubicación del sumidero no puede ser indicada con certeza, porque la densidad de las perforaciones es insuficiente. Hay que tener en cuenta que las perforaciones 81 y 82 están ubicadas fuera de la línea del perfil, aguas arriba y aguas abajo de ella y más o menos en el medio del río. En la perforación 81 las rocas están también mal conservadas, de modo que el aumento de alteración en la perforación 82 indica la ubicación del sumidero de dirección meridional y situado entre las perforaciones 79 y 80.

En el gráfico correspondiente al perfil V. es visible esta acentuación de la transformación hacia la perforación 82.

La perforación 80 ha suministrado las siguientes rocas:

+49,40m.

arena aluvional.

47,20m.

roca roja, deshecha con nidos de calcita, del tipo 6.

44,90m.

roca roja del tipo 4, fisurada en todas direcciones, lajeada horizontalmente; las separaciones están revestidas o soldadas por calcita; dió testigos en parte largos.
de 44,9—42,9m. cantidad de testigos 4 por m.
de 42,9—42,40m. deshecho.
de 42,4—42,0m. cantidad de testigos 1.
de 42,0—40,9m. cantidad de testigos 10 por m.

40,90m.

roca gris sólida, fresca del tipo 1.
de 40,9—36,4m. cantidad de testigos 5/8 por m.
de 36,4—30,2m. » » » 3 » m.(c/olivina
de 30,2—28,40m. un solo testigo de 1,8m. de largo.

28,40m. — Base del escorial sexto/séptimo.
roca deshecha del tipo 7, horizonte de agua surgente.

27,40m.

roca porosa de aspecto vítreo, con calcita como relleno; pertenece al tipo 5.

cantidad de testigos 3/4 por m.

24,40m.

roca del tipo 4, un testigo.

24,20m.

roca gris del tipo 1.
de 24,2—20,2m. cantidad de testigos: 4 por m.
de 20,2—14,4m. » » » 1/2 por m. (c/olivina)

Al este de las perforaciones 81 y 82 y la línea que las une, aumenta nuevamente la solidez de las rocas, especialmente en el escorial sexto/séptimo; quiere decir que nos alejamos de la zona de alteración superpuesta y nos acercamos a la parte de la cuchilla donde se suele conservar la roca de la profundidad mejor por ausencia de filtraciones verticales extensas.

Sobre la cuchilla, situada a la izquierda del río, se han hecho dos perforaciones que llevan los números 34 y 35; sus bocas se hallan a los +60,10m. y + 62,20m. Una gruesa cubierta de arena de médano oculta la roca firme que aparece en las dos perforaciones más o menos a los +57,5m. y +59,5m. La roca ha llevado en un tiempo una terraza y desde ella ha sido alterada fuertemente y ha sido convertida en roca de los tipos 6 y 7. Llama la atención un estado de alteración no muy común. Trozos más o menos redondeados, carcomidos, comparados por los perforadores con riñones y relativamente resistentes, de color marrón, de superficie granulosa se hallan diseminados por roca convertida en tierra. La acción de la alteración superpuesta es bastante clara, pero ella no alcanzó a formar un sumidero, sinó pudo deshacer la roca únicamente hasta una profundidad de unos 10 a 12m.

Abajo de los +45m. sigue el cuerpo sólido del escorial sexto/séptimo con roca gris del tipo 1, bien conservada en la parte inferior del manto, algo quebrada en la sección superior. En la perforación 35 se mantiene hasta el fondo del pozo, es decir hasta los + 28,5m. aproximadamente.

En los mismos niveles se hallan, en las perforaciones 81 y 82, rocas de mayor grado de alteración; ellas resultan, pues, sustituídas también al este por roca firme como en los casos de los perfiles I y II.

A parte de este sumidero, acompañado por alteración algo más débil que en los perfiles I y II, se insinúa otro al este de la perforación 40, como ya mencionamos brevemente.

Estructura de la Cuenca del Río Negro

Para producir una descripción realmente satisfactoria de las líneas estructurales de la cuenca del río Negro, se necesitaría muchos meses de trabajos en el campo. Esto se debe a la gran extensión de la zona y a la deficiencia de los afloramientos a que se agrega todavía cierta uniformidad en los grupos sedimentarios y eruptivos.

Rasgos estructurales generales.

Desde su entrada en el Uruguay, la cuenca imbrífera del río Negro ocupa una especie de cubeta tectónica que es angosta y algo perturbada en su parte superior, amplia y apenas movida en su parte inferior que se abre hacia el oeste y sudoeste, hacia el río Uruguay.

Al este y luego al sur, la cuenca está cercada por una masa continua de rocas del basamento cristalino que se extiende hasta cerca del río Uruguay y que se eleva considerablemente sobre el río Negro y sobre el espejo del futuro lago. Todavía bastante al oeste del meridiano del dique proyectado, el basamento cristalino alcanza en Parish 115m. y en Molles 125m. de altura; si bien en este punto lleva una cubierta de meláfiro y acaso de algún remanente adelgazado de los estratos de Gondwana, intercalados entre el basamento y la serie eruptiva; esta cubierta no tiene un espesor considerable, porque en Villasboas aparece esta entidad geológica, compuesta de granitos y gneises, a los 90m. de altura.

Al norte de la cuenca el basamento cristalino aparece solamente en dos elevaciones de orientación E — W, entre los cuales entra el río Negro al Uruguay como por un portal. Estos núcleos de roca antigua se acercan a la gran valla de estas rocas situadas al este del río y en este ángulo se hallan las mayores perturbaciones que para nuestro caso no son de interés, porque el futuro lago no llegará a extenderse tanto al este. Según las investigaciones de Falconer le serie de Gondwana ha sido afectada por movimientos de bloques con desplazamientos considerables antes y después de la sedimentación de las capas de Estrada Nova. Fracturas y ángulos de inclinación pronunciada abundan. Esta estructura accidentada y

complicada desaparece hacia el oeste debajo de los sedimentos de São Bento (Botucatú) y de las serie de los meláfiros, a su vez algo discordante, mucho menos perturbados. La línea que separa en el mapa ambas estructuras, corre al Oeste del río Tacuarembó, al pie de la alta rampa formada por la mesa de los mantos de meláfiros.

Líneas estructurales en la cuenca interior.

Mientras que al este de esta línea de separación se observan a menudo ángulos de inclinación reconocibles en los afloramientos, esta tarea se vuelve muy difícil al oeste de esta línea. Efectivamente, veremos que se presentan inclinaciones tan suaves que no puede esperarse su reconocimiento en los afloramientos de calidad mala y en rocas de distribución un tanto caprichosa, como lo son los mantos de meláfiro, que afloran de preferencia al oeste de la citada línea.

Para averiguar esta inclinación se debe elegir algún límite típico y fácilmente reconocible en cualquier punto donde se pueda establecer su altura sobre el mar o su posición inferior al espejo marino.

La mejor guía es el contacto entre la serie de los meláfiros y las areniscas de su yaciente. A juzgar por las observaciones que se pueden hacer en la región de los cerros Dos Hermanos y del arroyo Carpintería, situados al oeste de San Gregorio, este plano de superposición ha de haber sido una planicie muy uniforme o poco ondulada. Si estaba surcada por cañadas, estas no eran bastante densas y profundas para producir un relieve accidentado como en ciertos lugares en el sur del Brasil.

En Rincón del Bonete el contacto se encuentra en la perforación 4 a los 76m. debajo del nivel del mar; en La Manga aflora a los +56m. y en Carpintería a unos +90m. sobre el mar. En Rincón de Cabrera, la perforación más profunda (21) terminó dentro de los meláfiros, a pesar de haber alcanzado a 53m. debajo del nivel del mar.

La distancia entre La Manga y Rincón del Bonete es de unos 22km. pero esta distancia no puede ser utilizada en el cálculo del ángulo de inclinación, porque la línea está dirigida entre ambos puntos de SE a SW y no es perpendicular al rumbo que es meridional. Esto se desprende de lo siguiente: En Achar, situado casi exactamente al N de La Manga, se encuentra la base del meláfiro más o menos a los 15m. sobre el nivel del mar, es decir sólo

unos 40m. más bajo que en La Manga. Según el ángulo de inclinación que puede ser calculado entre Achar y Paso Ullestie (véase abajo) en unos 14' la curva de nivel estructural al de 50m. pasará a unos 10km. al este de Achar, y a 1,5—2km. al oeste de La Manga, pero veremos que cambia allí algo el ángulo de inclinación.

Conforme a la inclinación que resulta para el trecho entre La Manga y Rincón del Bonete y, con aproximación, entre La Manga y Rincón de Cabrera, la curva de nivel estructural de 50m. pasa más o menos a 4km. al oeste de La Manga.

Al seguirse el rumbo que tiene la curva desde Achar, pasaría luego por Rincón de Cabrera, pero en este punto la base de los meláfiros está debajo de los 53m. Por lo tanto el rumbo tiene que volverse meridional en esta sección. Además se insinúa la presencia de una falla.

Un cálculo nos suministra los siguientes ángulos de inclinación.

1) Distancia entre los meridianos de Carpintería y La Manga 23km.
Descenso de 90m. a 56m. 34m.
Ángulo de inclinación occidental 5'

2) Distancia entre los meridianos de La Manga y Bonete 20km.
Descenso de +56m. a —76m. 132m.
Ángulo de inclinación occidental 22—23

3) Aunque la perforación 21 de Rincón de Cabrera no haya alcanzado la base de la serie de los meláfiros, las cifras de que disponemos nos permiten averiguar por lo menos el valor mínimo del ángulo de inclinación entre La Manga y Rincón de Cabrera y el valor máximo de la inclinación entre este punto y Rincón del Bonete.

a) Distancia entre los meridianos de La Manga y R. de Cabrera 10,2km.
Diferencia de nivel entre el fondo del pozo 21 de Cabrera
y el contacto entre Gondwana y meláfiro en La Manga 109m.
Ángulo de inclinación mínimo 37'

b) Distancia entre los meridianos de R. de Cabrera y de Bonete 9,8km.
Diferencia de nivel entre el fondo del pozo 21 de Cabrera
y el contacto entre Gondwana y meláfiro en R. de Bonete 23m.
Ángulo de inclinación 8'

De estas cifras se desprende que la inclinación es muy escasa entre Carpintería y La Manga y entre Rincón de Cabrera y Bonete y que la inclinación mayor se halla entre La Manga y Rincón de Cabrera. Esto no quiere decir que estos puntos marquen justamente

los lugares, donde cambian los ángulos de inclinación. Es muy posible, por ejemplo, que el declive occidental suave entre Carpintería y La Manga se prolongue mucho más al oeste de este punto y que la posición cercana a la horizontal entre los Rincones del Bonete y de Cabrera reine también al este del Rincón de Cabrera; siendo esto así, el ángulo de inclinación entre La Manga y Rincón de Cabrera, calculado arriba en unos 37', aumentaría considerablemente. No sería imposible que esta desviación de la inclinación poco pronunciada entre La Manga y Rincón de Cabrera indique la existencia de una perturbación de forma de falla.

Si admitimos un mantenimiento de la inclinación occidental de 5' entre La Manga y Rincón de Cabrera, el rechazo de la falla llegaría a la cifra nada despreciable de 94m. En este cálculo hemos utilizado las cifras obtenidas en la planilla que antecede, es decir. los 8' de inclinación máxima entre Rincón de Cabrera y de Bonete; Si admitimos una inclinación de 5', podemos interpolar la probable ubicación del límite entre los meláfiros y su yaciente, no alcanzado en la perforación 21 de Rincón de Cabrera, y colocarlo a unos 9m. del fondo del pozo y en 62m. (debajo del nivel del mar), entonces, el rechazo de la falla supuesta pasaría los 100m. Falta comprobar su existencia y ubicarla en el terreno.

La inclinación suave admitida para esta región se repite también más al norte; si averiguamos la inclinación mínima entre Achar y Paso Ullestie, donde la perforación no alcanzó el límite entre la serie eruptiva y su yaciente, obtenemos un desnivel de por lo menos 630m. y un ángulo de inclinación mínima de 14'.

El manteo de los meláfiros hacia el oeste es, pues, muy suave, pero, por pequeño que sea el ángulo, se llega a desniveles considerables, dadas las grandes distancias entre el borde oriental de la plancha de meláfiro y el Río Uruguay.

Hablar sólo de inclinación occidental no ha de ser del todo acertado, porque - aparte de la inclinación septentrional en el borde sur de la cuenca — se podrá presentar con facilidad una inclinación opuesta, es decir, dirigida al este.

Ella puede observarse en los perfiles I, II y V de Rincón del Bonete, pero al parecer es pasajera, y limitada a la orilla derecha del río, mientras que en la izquierda existe inclinación occidental.

En una consideración general, basada en los escasísimos datos existentes, no es posible destacar la eventual existencia de ondulaciones y fijar la ubicación y extensión de tales diferencias de la inclinación occidental general. La construcción de un mapa de líneas estructurales debe tener grandes deficiencias pero debe intentarse

por el interés que ofrece para la dirección de las corrientes de agua subterráneas posibles, aunque mayormente virtuales.

El mapa estructural que acompaña este informe se basa en las siguientes reflexiones:

La cuenca superior a que hemos atribuído una mayor intensidad de las perturbaciones se delimitó al oeste por una falla de conformidad con el mapa geológico de la región, trazado y construído por el doctor Falconer. Sigue a lo largo del contacto de las capas de Río do Rasto con los pisos más variados del Gondwana, entre los cuales cuentan Itararé, Melo, Estrada Nova, y finalmente también el macizo de rocas antiguas de Cuñapirú.

Una segunda falla, menos importante, se ha trazado entre La Manga y Rincón de Cabrera y se la ha dado un rumbo más o menos paralelo al de la falla grande, mencionada primero.

Dentro de la cuenca inferior, occidental, amplia y escasamente perturbada, he tratado de interpolar las líneas estructurales que nos interesan, formadas por el contacto entre la serie de los meláfiros y su yaciente, compuesto probablemente en la mayor parte del área abarcada por capas de Gondwana. Es probable que estas capas desaparezcan hacia el oeste, faltando totalmente en la provincia de Entre Ríos (Gualeguay) donde el meláfiro se coloca directamente sobre las rocas del basamento cristalino. (1). Para la reconstrucción de la forma de este contacto han servido las observaciones entre Durazno y Santa Isabel, de Carpintería, La Manga, Rincón de Cabrera, Rincón del Bonete, Achar, Ullestie y de Gualeguay, a más de Tacuarembó.

El contacto entre la serie de los meláfiros y de su yaciente se encuentra en Carpintería más o menos a los 90m. y es probable que suba algo más al este hasta 100m. como es indicado en el mapa; en La Manga se encuentra la base del meláfiro a los 56m. sobre el mar, en Rincón de Cabrera a —53m. por lo menos (se han admitido unos —65m.) en Rincón del Bonete a —76m. En Achar encontramos la base de los meláfiros a unos +50m. y en Ullestie debajo de los —560m. (hemos admitido — 600m.) En Tacuarembó, en cambio volvemos a encontrar este contacto interesante a los 150m. sobre el nivel del mar; es probable que ascienda cada vez

---

(1) Véase Stappenbeck. Grundwasserkunde der Pampa.
En el material que provino del fondo de esta perforación se hallaban trozos de micaesquisto y material molido, rojo. No sería imposible que se tratase de rodados contenidos en Itararé y que el basamento cristalino se halle más abajo.

más hacia el norte, en dirección a Rivera, donde ha de encontrarse a los 300m. sobre el nivel del mar. Al sur de la cuenca puede seguirse la línea de los + 100m. hasta la línea del ferrocarril a Santa Isabel que cruza al norte de Villasboas.

Se ha admitido un descenso continuado hasta el río Uruguay donde podemos esperar encontrar el límite a los — 700m. En vista de que es probable que el río Uruguay concuerde más o menos con el trazado de una falla, a lo largo de la cual se produjo un ascenso relativo del bloque de Entre Ríos en comparación con el del Uruguay, hacemos terminar el mapa estructural contra esta línea.

Sin mayor discusión se entiende que las curvas de igual nivel deben correr en la porción sur de la cuenca paralelamente a los afloramientos y al rumbo de la roca antigua de la Cuchilla Grande, entre Yi u Olimar por un lado y el Río Negro por el otro. La alineación meridional de las curvas estructurales entre Achar y los puntos mencionados situados sobre el río Negro queda bastante bien establecida, según las observaciones ya discutidas. Igualmente podemos confiar en que la serie de los meláfiros asciende poco a poco hacia el norte, de modo que las curvas estructurales deben tener un rumbo orientado de S. E. a N. W.

A pesar de las muchas inexactitudes que debe tener necesariamente esta compilación, resalta con claridad el carácter general de la cuenca occidental y su forma de media cubeta, cortada al oeste por la falla del rio Uruguay.

V. — Geología de Rincón del Bonete

Afloramientos naturales.

La región de Rincón del Bonete está situada en pleno meláfiro. A primera vista, la altura considerable de la cuchilla, comprendida dentro del meandro del río, su faldeo mayormente pedregoso dejan entrever que su parte superior debe estar constituída por un manto sólido de espesor considerable. Los afloramientos son demasiado escasos para una confirmación de este supuesto, aunque en ellos aparezca siempre roca gris dura, de aspecto basáltico o algo teñida o melafírica del tipo 1 y 2. Los pozos a mano ubicados fuera de las cañadas u hondonadas chatas en lo alto de la cuchilla permiten ver roca firme, quebrada y deshecha superficialmente por los agentes atmosféricos. Cuán cerca suele estar la roca dura y coherente, puede deducirse del sitio donde se encuentra el cementerio.

En general, la cubierta de suelo que reviste los faldeos y que está asegurada por abundante vegetación gramínea, no permite apreciar hasta que nivel alcanza el manto sólido que constituye la parte alta de la cuchilla. Sin embargo, podemos formarnos una idea con lo que se observa en torno de la terraza de forma de ensenada, sobre la cual se encuentra el campamento, y en las zanjas excavadas en el lado derecho del río y en el faldeo contiguo al trazado del perfil I.

La terraza corrresponde a un nivel antiguo del río Negro, menos profundizado que el actual y la forma de ensenada se debe a un antiguo codo del río que chocaba contra la orilla derecha. Todavía sobresale allí una cornisa de meláfiro grisáceo, consistente, comparable con la barranca rocosa, ubicada ahora a la derecha del codo actual, comprendido entre los perfiles VII, I y II.

Al pie de esta cornisa y en un arroyo, generalmente seco, que pasa a unos 100m. al sud de la casilla del ingeniero Drobnitzki y en un surco chato que cruza el camino a la perforación 1 a unos 150m. más al este, aparece roca alterada de color violado-rojizo del tipo de roca 5, con intervención de los tipos 6 y 7.

El límite superior de la zona alterada se encuentra aproximadamente a los 68m. La misma posición posee el límite superior de un horizonte alterado, puesto a la vista en la zanja excavada en la línea del perfil I y en las zanjas vecinas. No hay duda de que se trata del mismo banco alterado. Su espesor mayor llega a los 8m. siendo más irregular su límite inferior que el superior; la variación en el espesor corre por cuenta casi exclusiva de aquél. En las zanjas, el estado de alteración es más o menos el mismo como en los afloramientos naturales, pero predomina algo más el tipo de roca 6 y se presenta el tipo 7.

La cubierta vegetal no permite seguir esta zona alterada hacia el sud, pero teniendo en cuenta la posición casi horizontal de la serie de los mantos y los testigos de las perforaciones vecinas, números 4, 7, (8), 9, 11, 12, 10 y 40, podemos trazar su recorrido y ubicarlo en el mapa con cierta probabilidad de exactitud.

Debajo del horizonte alterado se presenta nuevamente roca firme que aflora en un largo trecho en la barranca situada en la margen derecha del río entre el perfil VII y el perfil II. Algo al sud del perfil II desaparece esta barranca de roca firme debajo de una hilera de médanos, pero se presenta de nuevo en la orilla izquierda desde el mojón 11 al sud, donde el lado convexo del curso del río está combado hacia el este.

Este segundo horizonte de meláfiro duro puede atribuirse al cuerpo

principal de otro escorial, inmediatamente anterior al que corona la altura de la cuchilla.

La insuficiencia de los afloramientos no permite relacionar este manto con las rocas firmes del flanco occidental de la cuchilla de Rincón del Bonete; sin embargo, no es imposible que le correspondan las rocas duras de inclinación de 1 a 2 grados oeste que afloran cerca del río en el lecho recortado de un arroyito entre kilómetros 383,4 y 383,6 del río.

Afloramientos sobre la orilla izquierda del río.

Al recorrer la cuchilla mayor que arranca en el mojón II del perfil I, se recoge la impresión de que la parte superior de mayor inclinación de los flancos comprendida entre 70 y 85m. de altura corresponde más o menos al manto resistente que lleva la cuchilla de Rincón del Bonete. No se puede fijar su límite inferior, porque no aflora el horizonte alterado inmediatamente inferior, que no puede distinguirse ni siquiera con facilidad en las perforaciones 24 y 25.

En cuanto a la posición de los mantos, podemos decir a base de estos datos nada más que se acerca mucho a la horizontal; si hay inclinación, ella es tan suave, que las observaciones groseras y someras en la superficie no permiten apreciarla. Sin embargo, esto parece posible en los dos afloramientos marcados en el plano geológico con el signo de rumbo e inclinación; uno de ellos se encuentra sobre el camino carretero del alto de la cuchilla de Rincón del Bonete y el otro en el surco del pequeño arroyo ya mencionado, recortado sobre un trecho de 200m. hasta 2m., dentro del meláfiro. En ambos lugares reina una inclinación marcada al oeste; el afloramiento situado sobre el camino cubre unos pocos metros cuadrados y tiene una altura un poco mayor de un metro. La inclinación parece ser de unos 5º, pero debe tenerse en cuenta que no tenemos a la vista ningún límite entre los mantos o algún otro horizonte característico, sino solamente una especie de estratificación de la roca, que se expresa en la orientación de las lajas en que se deshace. Como estas lajas corresponden a una zona de deslizamiento interior del escorial o a un despedazamiento paralelo a la superficie del terreno no podemos atribuir importancia a la observación.

Una interpretación parecida puede admitirse también para la inclinación de 1 a 2 grados del meláfiro del segundo afloramiento aunque el aspecto y la persistencia del fenómeno parecen exigir una explicación tectónica o estructural.

Si bien los afloramientos permiten una orientación somera sobre

la disposición general de los mantos y sobre su división, como sobre su posición casi horizontal o leve inclinación occidental, no son, por otra parte, suficientes para apreciar el grado y el alcance de la alteración secundaria de los mantos.

Disposición de la alteración secundaria, superpuesta.

La alteración secundaria superpuesta depende, como ya se dijo, de la infiltración permanente de agua desde la superficie del relieve elaborado en etapas por la erosión a partir del principio del Cuaternario.

La infiltración puede producirse en el mismo lecho del río o de los arroyos afluentes y en este caso atacará la roca sólo escasa y lentamente. De mayor efecto serán las aguas procedentes de lagunas o bañados y de depósitos fluviátiles o de médanos embebidos de agua y cubiertos de vegetación. Por medio de ellos podemos ubicar las zonas de mayor alteración y hacer conjeturas sobre el grado y alcance de la descomposición.

Depósitos fluviátiles del Cuaternario antiguo y su influencia sobre la alteración secundaria

El depósito más antiguo es el conglomerado o la grava fluvial, traída por el río Negro en una época en que su lecho se encontraba sobre lo que es hoy, después de ascenso continuado, la altura de la cuchilla de Rincón del Bonete. Estos depósitos se manifiestan en muchos lugares por rodados diseminados por sobre el alto de la cuchilla y las pendientes superiores, pero afloran, que yo sepa, en un solo lugar, en el codo del camino carretero al norte de la casa de Barnetche. El poste esquinero del alambrado se encuentra a unos 2 metros sobre el camino y sobre una barranquita, en la cual aflora grava, compuesta mayormente de rodaditos de ágata y mezclada con arena, que ha sido puesta a la vista, al parecer, artificialmente De la prolongación sud de la grava y del camino brota una vertiente bastante caudalosa, pero no creo que su agua venga del horizonte de depósitos fluviales, sinó del gran médano situado al este y al sud.

Por lo tanto podemos admitir que ordinariamente esta grava no sostiene una cantidad apreciable de agua, ni se cubre de vegetación palúdica, de modo que no dará lugar a alteración secundaria de la roca subyacente, distinta de la común y subaérea.

Terrazas cuaternarias y sus depósitos.

A los depósitos fluviales más antiguos sigue en edad una serie de terrazas que corresponden cada una a un alto en el ascenso vertical de la región. Ellas son, en general, de desarrollo reducido y difíciles de seguir. Se observa un nivel explayado a los 75m. de altura en que están emplazadas las perforaciones 7 y 8, 11 y 12; se repite este nivel en la cuchilla pequeña sobre la cual se encuentra la perforación 10 del perfil V. En el lado izquierdo del río esta terraza tiene gran extensión al este del punto E 420, desde donde corre por más de un kilómetro hacia el NE.

Esta terraza, lo mismo que un nivel playo situado a los 70m. en ambos lados de la cuchilla, está desprovista de depósitos; tampoco parece que tales acumulaciones hayan existido primitivamente, sinó que las terrazas hayan sido labradas, por lo menos aquí, en roca firme, sobre la cual no se arraiga una vegetación abundante. Es naturalmente posible, aunque muy poco probable, que tales depósitos hayan sido destruídos y lavados posteriormente, pero es evidente que esta ausencia primitiva de acumulaciones de bañados represente una condición general en estos niveles. Su escasez se debe, como es verosímil, al mayor tiempo que actuó la erosión sobre ellos y al ensanche del valle del río a expensas de estos niveles superiores, cuando su lecho se hallaba conforme a la terraza del campamento de Rincón del Bonete a la altura de 62 a 65m. (incluyendo las acumulaciones que lleva).

Esta terraza se destaca por su suelo blando de acumulaciones que permite el desarrollo de arbustos y arbolitos, por la frecuencia de bañados, de ojos de agua y de abundante vegetación palustre. Al parecer se trata de una acumulación debida a un movimiento descendente.

Como vimos en las descripciones anteriores de los afloramientos y de los perfiles I, II y V, de esta terraza parece partir una alteración superpuesta intensa, o por lo menos una acentuación muy marcada de esta clase de transformaciones. Muy ilustrativas son para el caso también las perforaciones de los perfiles IV, VII y VIII.

Para deducir la presencia de zonas de alteración intensa, hemos de fijar la atención en bañados y fajas anegadizas, situados sobre esta terraza.

En la terraza del campamento existe una faja muy húmeda arrimada contra el pie de la cuchilla superior a ella, que puede corresponder a un antiguo meandro del río Negro.

Condiciones análogas se presentan en la orilla izquierda y al sur

del trazado del perfil II en un desplayado que ocupa el mismo nivel como la terraza del campamento y que ha de corresponder a ella. Está ocupado por un bañado grande con una lagunita al medio y está delimitado al oeste por médanos.

Acumulaciones subrecientes.

A otro nivel pertenece la faja que se intercala sobre la orilla derecha entre los kilómetros 393 y 390 del río entre éste, a que desciende con una barranca, y las estribaciones rocosas de la cuchilla. Es de notar que esta faja playa no es surcada por los cursos pequeños de agua de las quebraditas que han seccionado profundamente la ladera de la cuchilla. Las acumulaciones invaden los embudos de la parte inferior de las quebraditas, a la manera de un relieve ahogado. No se trata de una terraza, porque la perforación 40 del perfil V, asentada sobre la faja playa en 59.22m. de altura, atraviesa sólo acumulaciones aluvionales hasta los 50,50m, es decir, hasta el nivel del río. Los arroyitos que bajan entre los kilómetros 392 y 391 del alto de la cuchilla han producido bañados y partes húmedas, entre los cuales cuanta uno especialmente grande entre los kilómetros 391,5 y 390,5.

Acumulaciones idénticas se encuentran en el lado izquierdo del río en el perfil VIII. Las acumulaciones subrecientes se asientan a los 50m. sobre roca melafírica muy alterada y se elevan hasta 60 y más metros de altura sobre el mar.

Entre los kilómetros 386,6 (mojón 9) y 383.8 se extiende una faja playa constituída de médanos y depósitos terrosos. En ella se han conservado dos hondonadas largas y angostas de orientación sur norte, agrupadas de una manera que indica su correspondencia a restos de un antiguo brazo del río; ellas sirven de lecho a dos lagunas, rodeadas por vegetación exuberante.

Después de una larga interrupción, donde la roca firme se acerca o toca al río y donde hay sólo un revestimiento arenoso poco potente, retroceden las estribaciones de la cuchilla otra vez frente al kilómetro 382,3 sobre la ladera derecha y entre ellas y el cordón de médanos de la orilla se extiende un gran bañado con lagunita, atravesado por un arroyo.

Dentro de la órbita de estas acumulaciones con sus bañados pueden esperarse sumideros y rocas alteradas, tanto en sentido vertical, como hacia los lados, aunque en tal dirección ha de desaparecer pronto su influencia.

Manifiesta es la alteración de la roca en la margen izquierda del

río y por las perforaciones 34 y 35 y su dependencia de la acumulación subreciente sobre ella, idéntica a otras, arenosa y embebida de agua.

También en el perfil II y en la margen izquierda observamos depósitos y relaciones de la misma índole, aunque en los dos casos últimos coexiste también fuerte alteración anterior.

El médano grande, superpuesto a la cuchilla.

Una acumulación singular de arena es la del gran médano que reviste toda la parte alta y la ladera occidental de la mitad austral de la cuchilla de Rincón del Bonete; también desciende algo por el faldeo oriental de la cuchilla, sin llegar allí hasta la valle del río. El médano ha sepultado el relieve, rellenando las quebraditas y cubriendo las estribaciones Donde está acumulado sobre antiguas despresiones, su espesor máximo puede superar los 10m. mientras que sobre las partes salientes del relieve sepultado puede reducirse a 1 y 3m.

Todo este médano está embebido de agua que aparece en numerosas vertientes, donde se acerca o se asoma su base rocosa. El caudal nada despreciable de estas vertientes da una idea de la cantidad de agua acumulada.

Lugares de alteración secundaria superpuesta, dependientes de estas acumulaciones.

Para la región de Rincón del Bonete podemos admitir fuerte alteración

debajo de la terraza del campamento y en su prolongación sobre la orilla izquierda del río,
debajo de los bañados de la orilla derecha, al sur de kilómetro 393 y especialmente
debajo del ensanche de estos bañados al sur de la línea del perfil V,
debajo de la faja húmeda entre kilómetro 388,6 y 384 y
debajo del bañado con laguna situado frente al kilómetro 382.
debajo de las acumulaciones atravesadas por la perforación 32 del perfil VIII.

Debajo de los médanos acuíferos que revisten el faldeo de la cuchilla situada al este del río y por las líneas de los perfiles I y II,

se observa roca en sí sólida, pero quebrada por alteración subaérea con penetración del agua en las fisuras hasta el límite superior de la arcilla roja depositada por esta agua en las fisuras. La escasa intensidad de la alteración se debe, sin duda, al poco tiempo de existencia la masa de arena en cuestión. Además está asentada sobre un plano inclinado que no permite un estancamiento del agua, ni la formación de bañados con vegatación palustre y de ácido húmico.

En cuanto a la gran acumulación de médanos ricos en agua y cubiertos de vegetación que envuelven la cumbre y parte de las laderas de la sección austral de la cuchilla de Rincón del Bonete, podemos admitir que en la parte culminante y chata puede haber una alteración considerable de la roca firme del manto más alto, acaso acompañada por un sumidero.

En las laderas, en cambio, donde el agua subterránea no se estanca, la alteración debe ser más escasa.

VI. — Infiltración de agua en la serie eruptiva

Los horizontes permeables e impermeables.

La descripción de la serie eruptiva contiene ya una breve exposición de las filtraciones de agua durante la alteración secundaria interior. Hemos visto que primitivamente los mantos de formación, reciente eran todos permeables, ya sea en sus partes superiores deshechas por alteración subaérea secundaria primitiva ya sea en sus cuerpos intactos, atravesados por numerosas grietas de contracción por enfriamiento. Vimos que en el transcurso del tiempo las grietas fueron rellenadas por calcita, hasta por material arcilloso y por hidrosilicato de magnesio coloidal y sílice en menor escala. Se produjo, pues, una impermeabilización creciente de la serie eruptiva que se aleja ahora mucho del estado de cosas que ofrecen las series basálticas terciarias argentinas sobre vastas extensiones.

El material de relleno provino de las partes alteradas primeramente por la alteración subaérea primitiva, secundaria o primaria y luego de las transformaciones ligadas a la alteración secundaria interior. Hemos visto en la página 15, que el volumen de los productos de alteración es bastante mayor que el de la roca primitiva, de manera que sobra una considerable cantidad de material disponible para rellenar las grietas de las rocas de transformación escasa o

nula (tipos 1 y 2), sin que por ello quede afectada la compacidad de las partes de alteración avanzada. Hemos calculado el sobrante es más del 10 % de la masa primitiva, que es más que suficiente para llenar las grietas en su yaciente y que puede suministrar aún material para un transporte lejano.

La abundancia de material arcilloso en las partes superficiales de los escoriales es, desde luego, un impedimento para una filtración regular que se puede producir con cierta facilidad solamente, cuando se ha perdido la cohesión entre los trocitos poligonales de las rocas del tipo 5, (6) y 7. La distribución de estos tres tipos de roca a través de las partes alteradas suele ser bastante irregular, de modo que el agua las impregnará en forma más o menos caprichosa; no formará un nivel de ubicación fija dentro del horizonte alterado, ni el agua podrá invadir la zona o el nivel alterado en toda su extensión. Dentro de tal horizonte superficial alterado, no faltarán lentes impermeables que pueden desviar y hasta interrumpir una corriente de agua subterránea. Por otra parte, es perfectamente factible que un horizonte de agua pueda tener una extensión de centenas de kilómetros cuadrados conforme al área afectada, dentro del régimen melafírico, por alteración subaérea bastante prolongada en el lapso de tiempo entre la efusión de los mantos que llevan la superficie del relieve y otras efusiones que luego cubrieron este relieve.

En resumen, se distinguen en la serie de los meláfiros, horizontes impermeables constituídos por las partes sólidas de los escoriales, y otros virtualmente permeables, que son las partes de avanzada alteración.

La serie eruptiva, como entidad geológica, se comporta para con su yaciente como techo totalmente impermeable; a través de ella podrá aparecer agua en la superficie o pasar a niveles superiores únicamente por fallas importantes, siempre que ellas hayan dado lugar a la

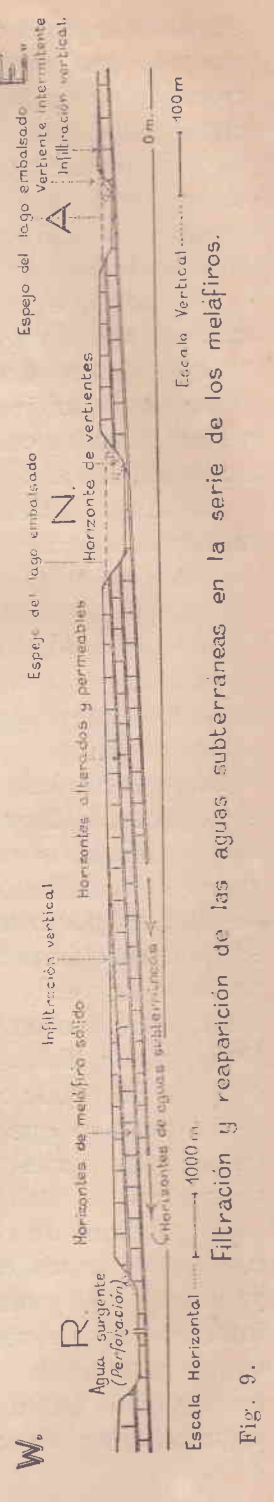


Fig. 9. Filtración y reaparición de las aguas subterráneas en la serie de los meláfiros.

foramción de grietas algo abiertas y aún no revestidas o rellenadas por material infiltrado.

La infiltración.

Un perfil esquemático ilustrará convenientemente la exposición; representa un corte dirigido de este a oeste y trazado más o menos por el centro de la cuenca del río Negro, donde los mantos de la serie eruptiva se inclinan bajo ángulos pequeños hacia el oeste. (véase fig. 9.)

Los valles R y N son partes del curso del río Negro que puede aparecer más de una vez en el perfil a causa de sus meandros; el valle designado con la letra A es el de un cañadón afluente, cuyo fondo se halla a un nivel algo más alto que el del río. La superficie chata de las cuchillas mantiene aproximadamente una altura uniforme entre 85 y 90m. sobre el nivel del mar. Los bancos sólidos se alejan, en cambio conforme a su inclinación occidental cada vez más hacia el interior y hacia niveles inferiores, a medida que se avanza hacia el oeste. Por lo general, la superficie de las cuchillas es llevada por la parte sólida de algún manto, cuyo espesor conservado aumenta, por lo tanto, de este a oeste; en los flancos de los valles aflora la sucesión de horizontes firmes y alterados, recortados y puestos a la vista por la erosión.

Podemos designar dos tipos de infiltración, a) la común, la del agua de lluvia, y b) la que procede de los cursos de agua de los valles y cañadones y de los bañados que los acompañan.

a) En el alto de la cuchilla, donde el meláfiro duro que lleva su superficie chata, ha quedado expuesto a la intemperie y a la alteración subaérea desde la iniciación de los movimientos ascendentes del Terciario más superior o desde tiempos aún anteriores, la infiltración del agua de lluvia se produce con rapidez y sin inconveniente. En los lugares, donde estos mantos resistentes han sido rebajados a un espesor reducido de 5 — 10m, la alteración superficial, seguida hacia abajo por resquebrajamientos puede haber afectado el manto en su totalidad, y entonces, el agua de lluvia podrá llegar por infiltración vertical hasta el horizonte alterado y permeable que posee el manto inmediatamente anterior a su superficie. El agua infiltrada se mueve luego dentro de este horizonte y lo llena hasta donde sea posible. El movimiento del agua se producirá conforme a la inclinación general de la serie de los meláfiros.

En esta misma dirección, la cubierta del horizonte permeable aumenta poco a poco en espesor y completa sucesivamente el ao-

lumen primitivo de su cuerpo; al mismo tiempo recupera paulatinamente sus cualidades primitivas y normales, es decir se vuelve impermeable y sólido. El espejo de agua subterránea se convierte, consecuentemente, de espejo libre en espejo bajo tensión, cuando la cuchilla es muy ancha, de manera que la napa de agua no vuelve a aparecer en la superficie, y cuando no ha sido descubierta por la incisión de algún otro valle.

Dada la escasa inclinación de los mantos y el ancho generalmente insuficiente de las cuchillas, podemos esperar, sin embargo, una reaparición del agua por el faldeo de algún valle o cañadón vecino y situado en dirección de la inclinación del horizonte acuífero. Es evidente que una cuchilla ancha recibe y puede sostener una mayor cantidad de agua de lluvia en comparación con una cuchilla angosta, en la cual puede producirse más fácilmente un derrame total entre lluvia y lluvia.

b) Posibilidades algo distintas encierra la filtración lateral desde los cañadones afluentes o desde el mismo río Negro. Ella es posible solamente, cuando debajo de los aluviones embebidos de agua de un cañadón o debajo del mismo curso de agua se halla aflorando un horizonte alterado permeable. También es factible esta infiltración, cuando el horizonte permeable se presenta en el flanco del valle ubicado en su lado occidental y cuándo se encuentra aflorando al nivel del arroyo o de las fajas anegadizas que lo acompañan. El alcance de la penetración del agua depende del grado de permeabilidad del horizonte alterado superficial de un escorial, es decir de la frecuencia de los tipos de roca 7 y 5.

Estas reflexiones nos conducen a considerar las posibilidades o condiciones necesarias, para que se produzca una reaparición del agua en otros lugares.

Condiciones de reaparición del agua infiltrada.

La primera condición para la reaparición del agua en horizonte de vertientes es el afloramiento de la capa permeable en lugares situados, con relación a la zona de infiltración, en dirección de la inclinación general de la serie eruptiva.

La segunda condición radica en la circunstancia de que el horizonte virtualmente permeable conserve esta su permeabilidad en el interior de la cuchilla que se interpone entre el lugar de infiltración y el de la reaparición del agua.

Si admitimos una interrupción de la permeabilidad, el agua se infiltrará hasta donde alcanzan las ramificaciones de roca porosa

o fofa en el horizonte alterado, y, una vez llenadas, no habrá más movimiento en esta bolsa de agua, a no ser que fuera tocada por una perforación. La gran irregularidad de la distribución de roca permeable dentro de un horizonte alterado y acuífero queda bien ilustrada por el comportamiento de la napa surgente alojada en la parte superficial del escorial quinto que está bien desarrollada en ciertos trechos del perfil V, pero que no se presenta tampoco allí en todas las perforaciones, ni tampoco con los mismos caracteres en las perforaciones que han atravesado el horizonte de los perfiles I y II.

Si admitimos para el horizonte acuífero una permeabilidad constante, por ejemplo, entre los valles A y B del perfil esquemático, la reaparición del agua depende del ángulo de inclinación de la serie de los meláfiros y del ancho de las cuchillas de orientación transversal a la de la inclinación, o vale decir, aproximadamente paralela a la dirección de los mantos.

Hemos visto que la inclinación de la serie de mantos es muy escasa y puede estimarse que es menor que 8' en el espacio entre Rincón de Cabrera y Rincón del Bonete. No es imposible que por trechos exista una inclinación mayor, pero no se debe olvidar que en otros trechos puede invertirse la dirección de la inclinación como se observó en los perfiles I y V sobre la margen derecha del río Negro.

Si admitimos una inclinación general de unos 5 minutos oeste para el caso del perfil esquemático y con referencia a la región de Rincón de Cabrera y del Bonete, resulta que por cada kilómetro de distancia desciende el horizonte acuífero 1,5m. Sobre los 10 kilómetros de distancia entre Rincón de Cabrera y del Bonete se produce, pues, un descenso de unos 15m. mientras que el valle del río Negro pierde solamente unos 2 m. de altura entre ambos lugares.

Esta relación entre los dos declives facilita la formación de napas de agua dentro de la serie de los mantos, que se encuentran bajo tensión o presión a causa de la falta de salida natural. En el caso en que no son alcanzadas por alguna perforación o si no tienen la posibilidad de ascender por las grietas de una falla, forman lentes chatos y extensos de agua exenta de movimiento. Podemos decir, entonces, que, en general, agua infiltrada desde el río Negro en horizontes permeables aflorantes en su cauce o lecho, quedará contenida y encerrada dentro del cuerpo de la serie eruptiva.

En cuanto a la reaparición de agua infiltrada desde los cañadones de los afluentes, puede decirse que ella depende de la altura de sus fondos sobre el nivel del mar y del desnivel y de la distancia entre ellos y el recodo más próximo del río Negro.

Infiltración desde el lago embalsado.

Una vez hecho el embalse y formado el lago, la infiltración permanente, limitada ahora a los fondos de los valles, se hará extensiva a los horizontes virtualmente permeables, accesibles bajo condiciones normales solamente al agua de lluvia.

Su reaparición dependerá de la profundidad y de la distancia de una depresión situada en la dirección hacia la cual se inclinan los mantos de la serie de meláfiros siempre que el horizonte infiltrable sea permeable en su totalidad.

La consideración de tales filtraciones desde el lago, se trata en otro capítulo en los detalles permitidos por la deficiencia de los mapas topográficos.

VII. — Filtraciones de agua desde el lago

El primer punto que trataremos es el de la filtración desde niveles altos del lago proyectado.

Filtración desde los niveles altos del lago proyectado.

Como vimos en el capítulo precedente y en el II, sobre la serie de los meláfiros, la alteración subaérea afecta los cuerpos sólidos de los escoriales hasta la profundidad de muchos metros produciendo un intenso resquebrajamiento de la roca firme debajo de una capa superior o superficial, donde la roca se ha convertido en tierra, hasta una profundidad de más o menos 1m. La parte quebrada puede llegar a tener hasta 10 y en algunos casos aun más metros, pero hacia abajo las rajaduras se vuelven más escasas. Es esta la parte donde se ubicó la infiltración de agua llovida desde la superficie de una cuchilla. (Véase capítulo precedente y fig. 9.) Toda superficie de cuchilla, comúnmente llevada por cuerpos sólidos de los escoriales, es afectada en mayor o menor grado y hasta mayor y menor profundidad por este resquebrajamiento que permite la circulación e infiltración de agua.

Inconvenientes de un espejo de lago poco inferior a la altura de las cuchillas.

En el caso de que se elevara el dique en Rincón del Bonete hasta los 86m. sobre el nivel del mar, es decir hasta la mayor altura que alcanza la cuchilla, cerrando con terraplenes las portezuelas

chatas ubicadas entre lo más alto, el agua se filtraría a traves de la roca fisurada de la superficie chata de la cuchilla hasta su pendiente occidental, donde aparecería como fuerte horizonte de vertientes. Si bien no toda la cumbre de la cuchilla estará afectada de manera uniforme y si bien pueden abundar manchones apenas afectados por la alteración y practicamente impermeables, lo que sucede mayormente en las elevaciones sobre el nivel de la superficie de la cuchilla, la caprichosa distribución incontrolable de cuerpos de roca en desintegración permitirá la formación de abundantes vías de agua y esto de preferencia en las depresiones, es decir en la base de los tajamares de tierra.

Altura máxima del espejo del lago.

La prudencia exige, pues, fijar el espejo del lago unos 5 - 8m. más bajo que la altura media de la cuchilla, es decir a los 78m. — 80m. sobre el nivel del mar, como máximo.

De esta manera se evitará casi totalmente la pérdida de agua desde el lago no sólo en las inmediaciones del dique, sinó también a través de la parte culminante de las cuchillas que contiene el lago al norte y al sureste del dique y que ganan muy lentamente y después de un recorrido de varios kilómetros alturas suficientes, de 95 y 100m. para que se eleve también el límite inferior de la zona de alteración superficial.

Filtración por horizontes permeables del interior de las cuchillas que contienen al lago al oeste.

Lo que nos interesa para apreciar la filtración de agua a través de horizontes permeables del interior de las cuchillas, que contienen al lago al oeste, es el diámetro de estas cuchillas es decir, su ancho entre la depresión rellenada por el lago y la depresión de un afluente del río Negro inferior al dique, y el ángulo de inclinación que podemos esperar; además está en juego el grado y la persistencia de la permeabilidad de un horizonte alterado, intercalado entre dos cuerpos de mantos sólidos. Por ancha que sea una cuchilla, siempre es posible que un horizonte permeable supere esta medida, como lo demuestra la presencia de una napa surgente en el perfil V. de Rincón del Bonete cuya agua procede muy probablemente de una distancia considerable. Esto quiere decir que se debe tener como posible siempre la presencia de un horizonte por el cual puede filtrarse agua desde una depresión de un afluente del

río Negro, rellenada por el agua del lago hacia una depresión de un afluente inferior al gran embalse.

La cuchilla entre el arroyo de las Minas y el arroyo Carpintería con su afluente arroyo de las Conchas.

Muy difícil resulta la apreciación de la posibilidad de filtración a través de la cuchilla que separará al brazo del lago alojado en la depresión del arroyo Carpintería y sus afluentes, especialmente en la del afluente arroyo de las Conchas que desemboca al afluente mayor, arroyo de los Perros, de la depresión del arroyo de la Minas y de sus afluentes. La falta de un mapa de curvas de nivel obliga a basarse en conjeturas en cuanto a las formas y los niveles del terreno. En el mapa 230 de la Comisión de Estudios Hidroeléctricos la curva de + 86m. llega hasta el pie de la barranca de la cuchilla situada al oeste de la confluencia del arroyo del Medio y el arroyo de las Conchas y se extiende, sin duda, aún algunos kilómetros aguas arriba, antes de cruzar el cauce de este último Admitiendo un declive más o menos uniforme, podemos ubicar la curva de nivel de + 75m sobre el arroyo de las Conchas a unos 6 kilómetros al sur de su confluencia con el arroyo de los Perros. El lago se extendería, entonces, hasta este paraje y contra la cuchilla hasta la parte superior de la cañada del Sarandí.

Es de suponer que el terreno ascienda en la cuenca del arroyo de las Minas en forma semejante, de modo que todo temor de pérdida por filtración desaparece, porque un horizonte infiltrable que aflore al este de la cuchilla separadora en estos parajes se habrá internado, conforme a la inclinación occidental reinante, hacia el interior del relieve que no vuelve a aparecer en la depresión vecina. Conforme a la distancia de 6 kilómetros entre el arroyo de las Conchas y el arroyo del Sarandí, afluente oriental del arroyo de las Minas y a la inclinación de 5—10' oeste de la serie de los meláfiros, el horizonte se encuentra allí sólo a los + 66m o + 57,5m. sobre el mar, es decir a 9 y 17,5m. debajo de la superficie del terreno, respectivamente.

Supongamos que el horizonte infiltrable se mantenga a la altura del espejo del lago en dirección al dique en Rincón del Bonete.

Consideremos ahora, como ejemplo el caso de que el fondo del valle del arroyo de las Minas se encuentre 10m. más bajo, es decir, a los + 65m. lo que sucede probablemente por la confluencia con el arroyo Sarandí ya mencionado. Puede admitirse, además el lugar correspondiente, es decir los + 66m. de altura se encuen-

tren sobre el arroyo al este de la cuchilla y más próximo a ella a dos kilómetros aguas abajo de la confluencia de los arroyos de los Perros y de las Conchas. Supongamos, además, que el horizonte permeable aflore en el faldeo oriental de la cuchilla a los + 74—75 m. La cuchilla puede tener allí donde la cruza la línea de unión de estos puntos, una altura de unos 90 m. Su cumbre se halla a 5 kilómetros del punto sobre el arroyo de los Perros. Si el descenso del faldeo de la cuchilla hacia el arroyo de los Perros fuera uniforme, el horizonte permeable debería aflorar a una distancia de 3.3 kilómetros de la cuchilla o sea 1,7 del arroyo de los Perros. Pero en vista de que en el fondo del valle hay una amplia depresión pantanosa, es probable que el pie de la cuchilla se asiente a cierta distancia del cauce del arroyo. Admitimos, pues, arbritrariamente, si se quiere, una distancia de 3,0 kilómetros entre el arroyo y el afloramiento del horizonte permeable. La distancia hasta el punto elegido en el valle del arroyo de las Minas es, entonces, de unos 10 kilómetros. Con un ángulo de inclinación de 5' que ha de ser el menor posible, desciende el horizonte permeable 15 m. sobre esta distancia y se halla en el punto crítico a los 59,60 m. sobre el mar, es decir 5 m. debajo del fondo del valle.

Al mantenerse estas condiciones, es decir, la distancia de 10 kilómetros del lugar de infiltración hasta el fondo del valle del arroyo de las Minas, el horizonte permeable aparecerá en éste aguas abajo de su confluencia con la cañada Casario. El agua se infiltraría en la cañada de la Sorrentina hacia el oeste.

Es natural que la tal reaparición está ligada a un ángulo de inclinación de 5' oeste, pero es posible que también llegue a 10' como entre el mojón II y el río en el perfiil I de Rincón del Bonete, y entre los perfiles VII y VIII por un lado y el perfil I por el otro.

Tampoco es necesario que el horizonte permeable aflore justamente a la altura del espejo del futuro lago, sinó que se halle a un nivel más bajo; y hasta puede suceder que no aparezca ningún nivel permeable.

En todo caso será prudente admitir una posible pérdida de agua desde el lago a través de la cuchilla que sigue al Sudeste del dique hasta unos 7 kilómetros del mojón II del perfil I.

Convendría, pues, una investigación en esta parte para cerciorarse, si existe peligro de importancia y de qué manera puede anularse la infiltración que terminará de por sí en el transcurso del tiempo a causa del cierre de las cavidades y guías por la arcilla traída por las aguas, abundante como producto de alteración del meláfiro.

La cuchilla al norte del dique.

Ya se expuso en otra ocasión que una filtración a través de la gran cuchilla de Chamberlain no era mayormente de temer, dada la altura y el ancho grande de ella que llega a unos 20 kilómetros en los arroyos Cardoso y Salsipuedes.

Filtraciones en la cercanía del dique proyectado.

A causa del escaso ancho que posee la cuchilla de Rincón del Bonete se pueden producir filtraciones a través de ella hacia su faldeo occidental. El horizonte permeable se halla a los 60-68m. de altura sobre el mar y ha sido señalado en el mapa geológico. Debe esperarse el resultado de una perforación propuesta en el informe de diciembre de 1930, para saber, si la permeabilidad perdura y que medidas deben tomarse.

Filtración desde las partes superiores del lago.

Es natural que desde cualquier punto del lago pueden instalarse filtraciones en las rocas que lo contienen o que le sirven de basamento. Una propagación lejana de esta infiltración queda inhibida por la circunstancia de que en el clima húmedo del río Negro todo horizonte permeable inferior al fondo de los cursos de agua se encuentra totalmente embebido de agua y no admite nueva afluencia. Es, pues, factible a base de un mapa estructural y otro topográfico con curvas de nivel, apreciar la cantidad de agua que se filtrará desde el lago en la roca vecina.

Filtración por las areniscas de Gondwana al oeste.

Como se sabe, las areniscas de Gondwana desaparecen al oeste de San Gregorio, debajo de la serie de los meláfiros, inclinándose hacia el Río Uruguay. El mapa estructural nos enseña que la curva de nivel de 56m. del contacto del meláfiro con su yaciente — altura a la cual desaparece por La Manga debajo de los meláfiros — corre primeramente en dirección meridional hasta la región de Achar al norte y sin duda también algunos kilómetros hacia el sur, para doblarse luego en ambas puntas hacia el WSW y NW respectivamente.

Las aguas infiltradas tienen, por lo tanto, la tendencia de concurrir desde todos lados, N., E. y S., hacia el centro de la cuenca

abierta hacia el oeste. En vista de que Rincón de Cabrera o del Bonete están situados dentro de la zona baja de la cuenca, y en vista de que la serie de meláfiros podía considerarse como techo

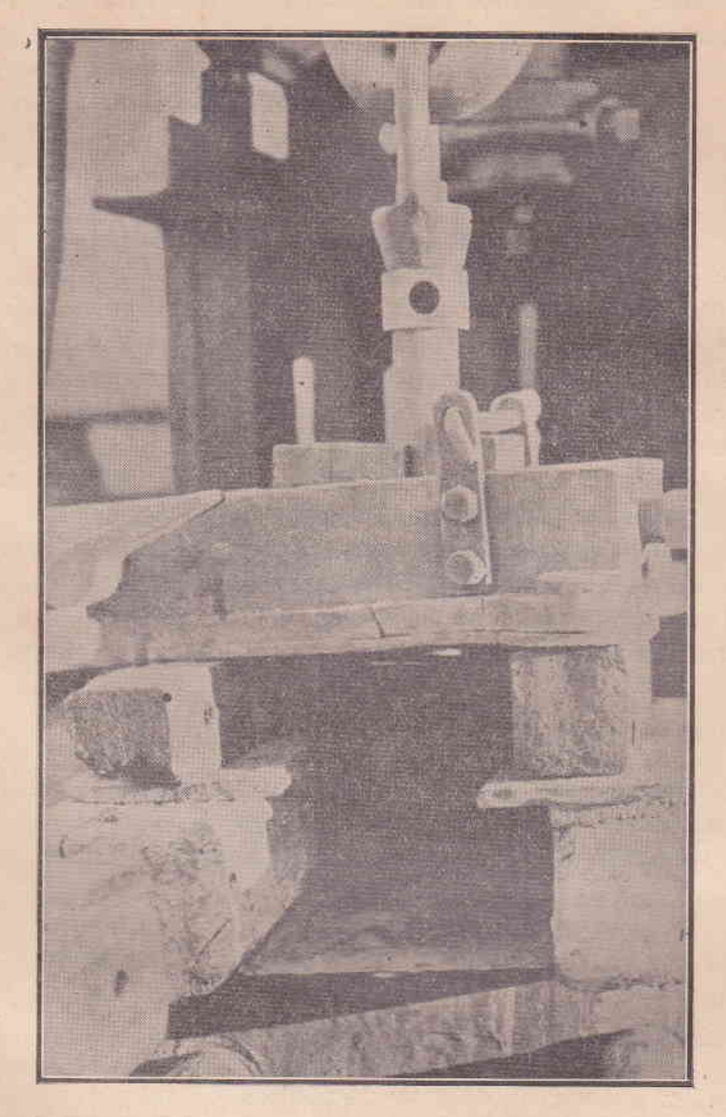


Fig. 10. — Agua surgente. — Pozo 4, de Rincón del Bonete. — 28-XII-1930

impermeable de las areniscas embebibles, una perforación que llegase hasta estas areniscas en uno de estos puntos, debía dar con agua surgente, lo que sucedió en la perforación 4 de Rincón del Bonete.

El comportamiento de la napa surgente, (1) al ser tocada, da señal de que se trata de horizontes de agua de movimiento escaso o más bien, nulo. Esto no debe extrañar, porque las areniscas terminan hacia el oeste en forma de cuña, faltando en la perforación de Gualeguay, donde se colocan los meláfiros directamente sobre las rocas del basamento cristalino. Con un escape importante a través de los meláfiros no puede contarse, por lo tanto. La infiltración de agua desde el lago a las areniscas cubiertas por el meláfiro se hará, entonces, solamente entre los + 56 y + 75 metros y no habrá pérdida apreciable hacia niveles inferiores.

No puede tampoco admitirse que el aumento de presión sobre las napas de agua subterránea contenidas en las areniscas, ponga en movimiento esta masa de agua que ocupa en niveles inferiores a los + 56m. una extensión de unos 15000 kilómetros cuadrados. Tampoco las 2,5 atmósferas de presión que se agregarían desde el cuerpo, casi lineal del lago y en su parte inferior, podrán acelerar el movimiento de un manto de agua de tal extensión.

Podemos contar, entonces, con que el lago no perderá una cantidad apreciable de agua hacia el oeste y el río Uruguay, ni por las areniscas, ni por los horizontes permeables de la serie de meláfiros, hasta donde ellos pueden internarse en el interior del relieve. Tampoco habrá pérdida hacia el sur, porque allí se eleva el basamento cristalino a alturas mayores que el espejo del lago.

Filtración lateral en las areniscas.

Ya he tratado este asunto en un informe anterior. Sería conveniente calcular la posible pérdida lateral a base de un relevamiento de la curva de 76-80m., nivel conveniente para el futuro lago.

VIII. — El terreno de fundación en los perfiles I y V de Rincón del Bonete

Generalidades sobre las rocas.

La solidez del terreno de fundación es de mayor interés en la sección del dique ubicada en el cauce del río. En el capítulo sobre «la serie de los meláfiros y sus propiedades» se ha dado una descripción de los distintos tipos de roca, comprendidos en 3 grupos.

1) El primer grupo, representado por los tipos de roca 1 y 2,

(1) La afluencia se produjo lentamente.

ofrece mayor estabilidad y firmeza. La existencia de quebraduras y fisuras de dirección irregular no puede considerarse como mayormente perjudicial, porque puede remediarse con inyecciones de cemento que puede adherirse fácilmente a los trozos de roca, en sí sólidos y casi totalmente exentos de coloides. Los trozos pueden tener una delgada piel de herrumbre (limonita, con algo de calcita y de arcilla) o entre ellos puede haberse alojado la calcita, que no pueden considerarse como perjudiciales. Cerca de la superficie actual o en cuerpo de escoriales en la vecindad de su techo afectado por las distintas alteraciones descriptas, puede presentarse como relleno de las fisuras de arcilla mayormente roja lo que constituye una condición poco conveniente para la solidificación del terreno por inyecciones de cemento.

Cuando las rocas del primer grupo se presentan con espesor considerable en un cuerpo y cuando no alternan con demasiada frecuencia con horizontes o guías de roca alterada del tipo 5 o 6, constituyen un excelente terreno de fundación. Pero será útil no confiarse y asegurar el cuerpo de la roca de fundación con inyecciones de cemento hasta una profundidad que depende de la altura que se piensa dar al dique y cuyo cálculo podrá hacerse a base de los perfiles interpolados que acompañan este informe.

A parte del clivaje irregular de las porciones sólidas de un escorial, debemos recordar las fajas o los planos de deslizamiento interior, producidos por movimientos diferenciales de distintas porciones de una masa de lava en movimiento. En general, estas fajas o niveles se destacan por una alteración bastante avanzada. De preferencia se encuentran en la parte inferior de un escorial, de modo que no tienen mayor interés, cuando el cuerpo realmente sólido del escorial es de espesor suficiente para la fundación del dique.

2) El segundo grupo de rocas, representado por la roca del tipo 3, conserva aún partes sólidas que se conseguirá, en la mayoría de los casos, unir en una masa resistente por medio de las inyecciones de cemento, que podrán penetrar en los huecos vecinos a las quebraduras. La solidificación se vuelve precaria, cuando se presenta con frecuencia arcilla en nidos o en las fisuras. Se entiende que no se debe dejar de lado las precauciones necesarias, cuando se estima que cerca de la base del murallón del dique se puede esperar esta clase de rocas, según la interpolación hecha en los perfiles.

3) El tercer grupo de rocas, compuesto por los tipos de roca 5 a 7, no conserva prácticamente nada de la roca primitiva y consta casi exclusivamente de productos de alteración que están, como

vimos, mayormente en estado coloidal. Cuando la arcilla es abundante, aparecen lentes o niveles plásticos, jabonosos que constituyen un serio peligro para la estabilidad del basamento del dique. En



Fig. 11. — Perfil 20; Rincón del Bonete
Prof 36-37 m. (+ $35.^{45}$ — + $36.^{49}$ m.) nivel

vista de que tales lentes o jirones pueden presentarse en cualquiera de los 4 tipos de roca pertenecientes a este grupo, la solidez será siempre sumamente precaria. Aumentan todavía las condiciones desfavorables por la circunstancia de que es en los horizontes com-

puestos por estos tipos de roca, donde suelen circular napas de agua. Es muy posible que de vez en cuando se obtengan testigos de perforación de resistencia notable, como en el caso de la perforación 20 del perfil VIII; pero esto no implica que a una distancia horizontal escasa se pierda totalmente esta consistencia y tenacidad que pueden presentarse de vez en cuando como excepción.

La fragilidad preponderante de estas rocas, su carácter de desmenuzables y friables, aparte de la abundancia de arcilla y la caprichosa distribución de los productos de alteración total. no permite recomendar estas rocas como terrenos de fundación. Hasta puede afirmarse que un cuerpo sólido de escorial que se asienta sobre un nivel compuesto por estas rocas y de espesor de varios metros, dotado, además, con una napa de agua puede hacer peligrar la inmovilidad de la masa de roca excelente de su techo.

Sobre la posibilidad de consolidar las rocas del tipo 4/7 con inyecciones de cemento podrá opinarse después de haberse hecho inyecciones de ensayo en lugares, donde afloran estas rocas. Sitios indicados son: la zanja natural situada al sur de la casilla del ingeniero Drobnitzki, las zanjas artificiales sobre la margen derecha del río y la linea del perfil I o cualquier otro lugar, donde pueden destaparse rocas apropiadas. Considero impresindible hacer ensayos de esta índole, porque sólo por medio de ellos puede salirse de duda respecto a la solidificación posible del terreno compuesto por las rocas del tercer grupo.

Según informaciones que poseo, la limonita coloidal y la arcilla impregnada finamente por hematita, son perjudiciales para el cemento; interviene además, al parecer ácido húmico y carbonato de hierro. Transcribo un resumen de un trabajo aparecido en "Korrosion". El resumen puede encontrarse en: Le Génie Civil. T. 97. N.º 49 del 8. XI. 1930.

Se trata de la destrucción rápida del hormigón por aguas ferruginosas proveniente del drenaje de praderas. «Au moment de la crue, les eaux du fleuve étaient chargées d'un limon rouge, riche en oxyde de fer, provenant des prairies inondées, situées en amont, où le terrain est très ferrugineux. L'eau du fleuve, pendant plusieurs jours qu'a duré la crue, était chargée de très grandes quantités de carbonate de fer provenant des prairies. Ce sel s'oxyde très facilement; il fixe l'oxygène de l'eau, dégage de l'acide carbonique et se dépose sous forme d'oxyde brun. L'acide carbonique, dégagé en quelque sort a l'etat naissant, réagit sur le béton en cours de prise ou de premier durcissement, en formant avec la chaux du carbonate; la chaux ainsi fixée, ne peut plus contribuer a la prise, ni au durcissement.»

Los perfiles, interpolados a base de las reflexiones sobre los procesos de alteración de la serie de meláfiros, permiten fijar y

precisar inmediatamente en qué niveles debe asentarse el dique y que medida tendrán las excavaciones necesarias.

Terreno de fundación de un dique en perfil I.

Desde luego será necesario eliminar la parte de mayor alteración del centro del sumidero, comprendido entre la superficie del terreno y el límite superior del cuerpo sólido del escorial quinto y agrupado en ambos lados de las perforaciones 26 bis y 26. El alcance lateral de la alteración avanzada pudo indicarse con regular exactitud al oeste de las dos perforaciones centrales, 26 y 26 bis. Todavía a 100 m. de distancia, en la zona atravesada por la perforación 74 la alteración es muy avanzada y se empieza a perder hacia la perforación 75. Por la perforación 1 se ha reducido a un mínimo.

La insuficiente profundidad de la perforación 21 no permite delimitar con igual exactitud el alcance de la alteración avanzada al este de las perforaciones centrales. Sin embargo, puede estimarse que ella termina con bastante rapidez, a juzgar por el pronto restablecimiento de la solidez del escorial sexto/séptimo, tan propenso a la alteración.

Según el resultado que se obtenga en los ensayos de inyección de cemento en las rocas alteradas del tipo 4 (y 5) especialmente, se harán los proyectos de excavación de la roca inútil.

Por de pronto es evidente que la parte central del sumidero deberá irse hasta el cuerpo sólido del escorial quinto que por su gran espesor, su solidez y su continuidad representa un basamento de primer orden para el dique. Como su límite superior se halla entre los 20 y 25 m. sobre el nivel del mar, la excavación deberá tener una profundidad de 25 a 30 m.

Ya se dijo que la extensión de las excavaciones en sentido transversal al río, depende del resultado de los ensayos de inyección de cemento en las rocas del tipo 4, etc. Según ello, se pueden trazar los programas siguientes:

a) En el caso de que el resultado no sea satisfactorio y que se encuentren durante la excavación condiciones desfavorables imprevistas, se trazará un programa máximo, es decir: se excavará hasta el manto sólido del escorial quinto entre las perforaciones 21 y 1, separadas por una distancia de unos 310m. Llegando el dique a una altura de unos 75m. sobre el mar, es decir, a unos 25m. sobre el fondo del valle, obtendríamos para su base unos 23-24m. y una excavación de 190.000 a 195.000 metros cúbicos, con un aumento de napas de 0.95m.

b) Si es posible asegurar bien la guía de alteración que se encuentra en la perforación 21 a los + 46m., podrá reducirse el ancho o la extensión longitudinal de la excavación en unos 40m. Lo mismo será factible en el otro extremo, donde se podrá reducir la extensión en unos 25m. Este programa medio exigiría, pues, una excavación de unos 255m. de extensión longitudinal por unos 25 verticales y 24 de ancho, o sean 155 000 a 160.000 metros cúbicos.

c) La posibilidad de asegurar bien las rocas del tipo 4 por medio de inyecciones de cemento, permitirá reducir más aún la extensión longitudinal de la excavación profunda y ésto en el lago occidental del perfil. Se puede, en este caso, tratar de ganar la parte aún relativamente bien conservada del escorial sexto/séptimo alrededor de la perforación 75. De esta manera se reduce la extensión longitudinal a unos 200m. y la cantidad de roca a excavar a 125 000 metros cúbicos.

Sitio de iniciación de la excavación.

La excavación deberá iniciarse en el centro del sumidero, es decir, alrededor de las perforaciones 26 y 26bis y extenderse progresivamente hacia los lados. De esta manera se puede detener este trabajo una vez ganado el terreno de fundación de suficiente solidez.

Posible invasión de agua durante la excavación.

Es de esperar que se encuentre una napa de agua, acaso dividida en varios horizontes, alojada en la parte superficial del escorial quinto, y es muy probable que en determinados sitios, donde se pierde la infiltración de arcilla desde arriba y por el sumidero, puede hacerse bastante molesta. En todo caso será conveniente eliminar esta filtración por la base del dique en el espacio entre la superficie del cauce del río y la superficie del cuerpo sólido del escorial quinto.

Terreno de fundación de un dique en perfil II.

Condiciones muy similares reinan en la faja abarcada por el perfil II.

Como en el perfil I se debe procurar de eliminar la parte alterada por el sumidero y basar el dique sobre la parte sólida del escorial quinto, lo que exige una excavación vertical de unos 25m., como en el proyecto anteriormente discutido.

Como se vé en el perfil que acompaña este informe, la extensión longitudinal de la excavación varía, según el caso, entre 220m. y 250m. La cantidad de roca a mover asciende, pues a 155.000 o 125.000 metros cúbicos.

Los demás detalles necesarios para el proyecto de la construcción pueden sacarse de la lámina adjunta, lo mismo que en el caso del perfil I. Las precauciones necesarias por la invasión de agua, serán posiblemente más dignas de atención que en el perfil I.

Terreno de fundación de un dique en el perfil V.

En el perfil V, el escorial sexto/séptimo está algo mejor conservado que en los perfiles precedentes, por lo menos dentro del radio de las perforaciones. Los datos que se sacan de ellas no acusan la existencia de un sumidero tan marcado como en los perfiles I y II, siempre que sea permitido comparar con ellos la sección del perfil V comprendido entre las perforaciones 80 y 79. Pero ya se dijo en la descripción del perfil V, que es posible la existencia de un sumidero, que represente acaso la prolongación del ya conocido de los perfiles I y II, en el largo trecho entre las perforaciones 79 y 40. En la distancia de 200m. entre ambas, cabe un sumidero de la índole de los antedichos. De su existencia o no existencia depende el cálculo de los gastos.

Otro factor que influye es la presencia de un horizonte de agua surgente por los + 30m., en la parte superficial del escorial quinto, No resulta muy conveniente dejar subsistir este horizonte a sólo 20m. de la superficie y a nada más que unos 10m. de la base del dique.

La razón de ello es la siguiente:

Supongamos que se haya construído el dique y que la profundidad del lago sea de unos 25m. Podría ser que en alguna parte el agua del lago llegue a comunicarse con la napa en cuestión a causa de una deformación de su techo alterado (sumidero) por la presión del lago superpuesto. Si esto se produjese, por ejemplo, en la cercanía del dique, podría tener lugar un cambio de régimen en la napa surgente por aumento de presión y ella podría abrirse camino a través del sumidero que podemos esperar aguas abajo del perfil V sobre la orilla derecha del río dentro de la órbita de la zona anegadiza mencionada en la descripción de la geología del Rincón del Bonete. Se formaría, pues, una especie de sifón por debajo del dique, lo que podrá tener como consecuencia el arrastre de material de la zona compuesta de roca del tipo 7 y de otras, en que está alojada la napa en cuestión. Esta

pérdida de material puede hacer peligrar la estabilidad del horizonte resistente sobre el cual se asentaría el dique.

El mayor peligro existe en la faja entre las perforaciones 81 y 82, donde puede haber desaparecido toda roca del tipo 1 y 2, como por ejemplo, en la perforación 81. Si no fuera posible impermeabilizar el horizonte de agua surgente, sería necesario ir hasta la superficie del cuerpo del manto quinto, cerrando previamente la napa para que no moleste en la excavación.

El trazado del límite inferior de las excavaciones es, pues, algo más complicado que en los perfiles precedentes.

a) Trazado del proyecto menor. En el caso de que se pueda solidificar satisfactoriamente el trecho entre las perforaciones 81 y 82 y si no existe el sumidero posible entre las perforaciones 79 y 40, será factible el trazado indicado por las letras: A, B, E, F, H, I y J. El total de roca a remover asciende a una cifra mínima de 120.000 metros cúbicos. Debe tenerse presente que esta cifra debe aumentar necesariamente, porque en la terminación oriental del perfil no se ha llegado con las perforaciones a un lugar, donde la intensa alteración observada en las perforaciones 34 y 35 entre la superficie y unos 40m. sobre el mar, toque a su término.

b) Trazado de un proyecto medio. En el caso de que se esté obligado a excavar entre las perforaciones 81 y 82 hasta el cuerpo sólido del escorial quinto, se agregan a la cifra antes obtenida unos 30.000 o 32.000 metros cúbicos, comprendiéndose la sección determinada por los puntos B, C, D y E. Total: 150.000 m.^{3}

En el caso de la presencia de un sumidero entre las perforaciones 79 y 40, se agregaría la sección determinada en el perfil por las letras F, G y por la línea más o menos vertical que contiene el punto H. Esta representaría un aumento de unos 33.000 metros cúbicos. Total: 185.000 m.^{3}

Posiblemente se verá que será necesario eliminar las rocas de la terraza sobre la cual está la perforación 41 según una línea determinada por los puntos I y K, lo que representaría un aumento de roca a mover, de unos 23.000 metros cóbicos. Total: 210.000 m.^{3}

c) Como proyecto mayor puede designarse un trazado de la base del dique determinado por los puntos A, B, C,D, G, los extremos del segmento que contiene el punto H y los puntos I y K.

Este trazado aumentaría la cantidad ya obtenida en unos 45.000 metros cúbicos lo que daría un máximo de un Total: de 255.000 m^3

Hago recordar que a esta cifra debe agregarse la excavación a hacerse sobre la orilla izquierda hasta una distancia no fijada.

Comparación de los perfiles I, III y V.

Vemos que el proyecto menor de los 3 perfiles requiere una remoción de 125.000 metros cúbicos de roca, pero con el agregado de una cantidad acaso considerable que no pudo ser apreciada en el cálculo precedente. De esta manera queda cierta ventaja para el perfil I y ella se acentúa, si tenemos en cuenta que no se podrá llegar, aún en el caso de condiciones por demás desfavorables a una cifra mayor de 190.000 a 195.000 m.^{3}, mientras que en el perfil V. se llegaría en este caso a 20.000 y 60.000 m.^{3} más. A esta ventaja se agrega otra que radica en que el perfil I es mejor explorado que el perfil V y no encierra ninguna sorpresa desagradable.

Además, debe tenerse en cuenta que el horizonte de agua surgente que puede ser muy molesto en la excavación y la construcción del dique parece estar obturado naturalmente por infiltración de arcilla por el sumidero.

Hay un tercer punto que habla en favor del proyecto en perfil I; que es este: en el mapa geológico de Rincón del Bonete se ha señalado la presencia y el probable recorrido del horizonte alterado y permeable que forma la parte superior del escorial sexto/séptimo, muy alterada por alteración superpuesta. Dada la ubicación de este horizonte alrededor de los 60-65 m. se entiende que puede aparecer fácilmente en la pendiente occidental de la cuchilla de Rincón del Bonete, porque el ancho de la cuchilla en esta altura llega sólo a un kilómetro y medio y porque el horizonte permeable debe ocupar un nivel muy poco más bajo que en el flanco oriental. Aunque el horizonte alterado no sea permeable en su totalidad, existe siempre el peligro de que sobre largo trecho entre el codo del río y el perfil V se encuentren sobre estos 2,5 km. varios caminos por los cuales se podría abrir una vía de agua, una vez que el lago haya llegado a esta altura.

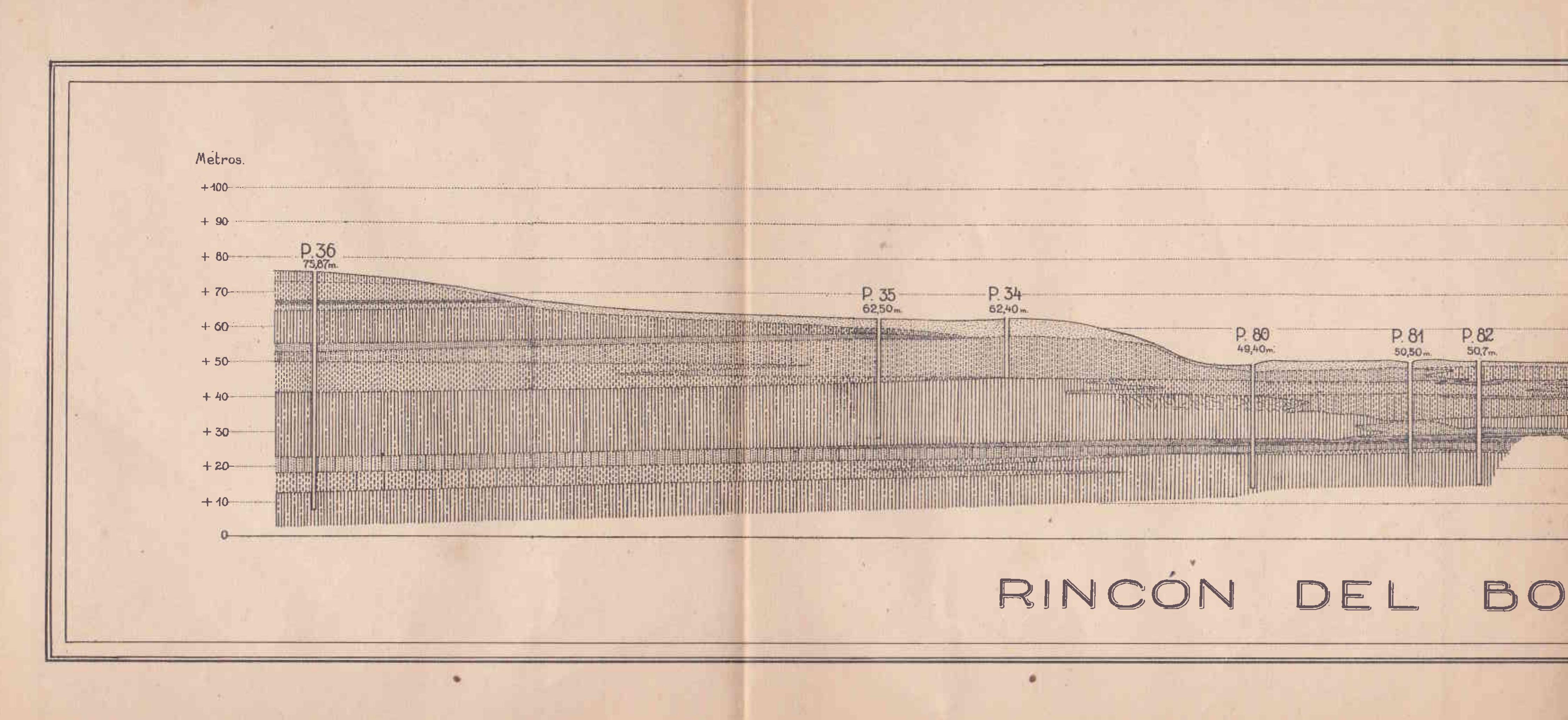
Para evitar este peligro, sería imprescindible limpiar y hacer aflorar este horizonte permeable y luego impermeabilizarlo, revistiéndolo con arcilla, cemento o inyección de asfalto. Sobre un trecho tan largo, esto representaría un gasto muy considerable.

Otro punto debe tenerse en cuenta. Habíamos dicho que debajo del gran médano que corona la cuchilla en su mitad austral, podría encontrarse un sumidero y abundante roca alterada, que no sólo crearía dificultades para la construcción del dique, sino causaría desventajas en cuanto a la contención del agua del lago dentro de sus límites. La perforación aconsejada habrá dado una información al respecto.

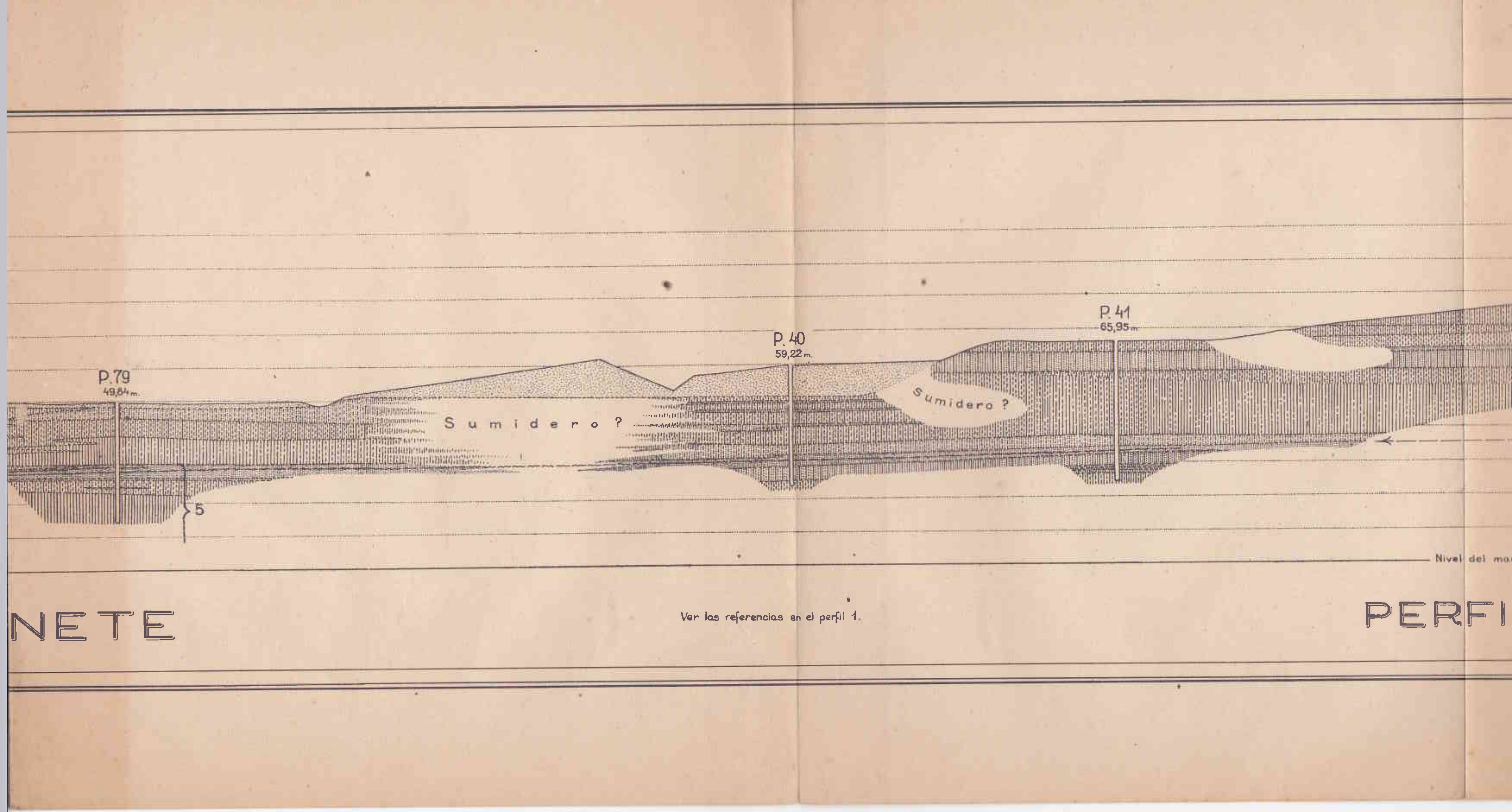
Preferencia dada al proyecto en perfil I.

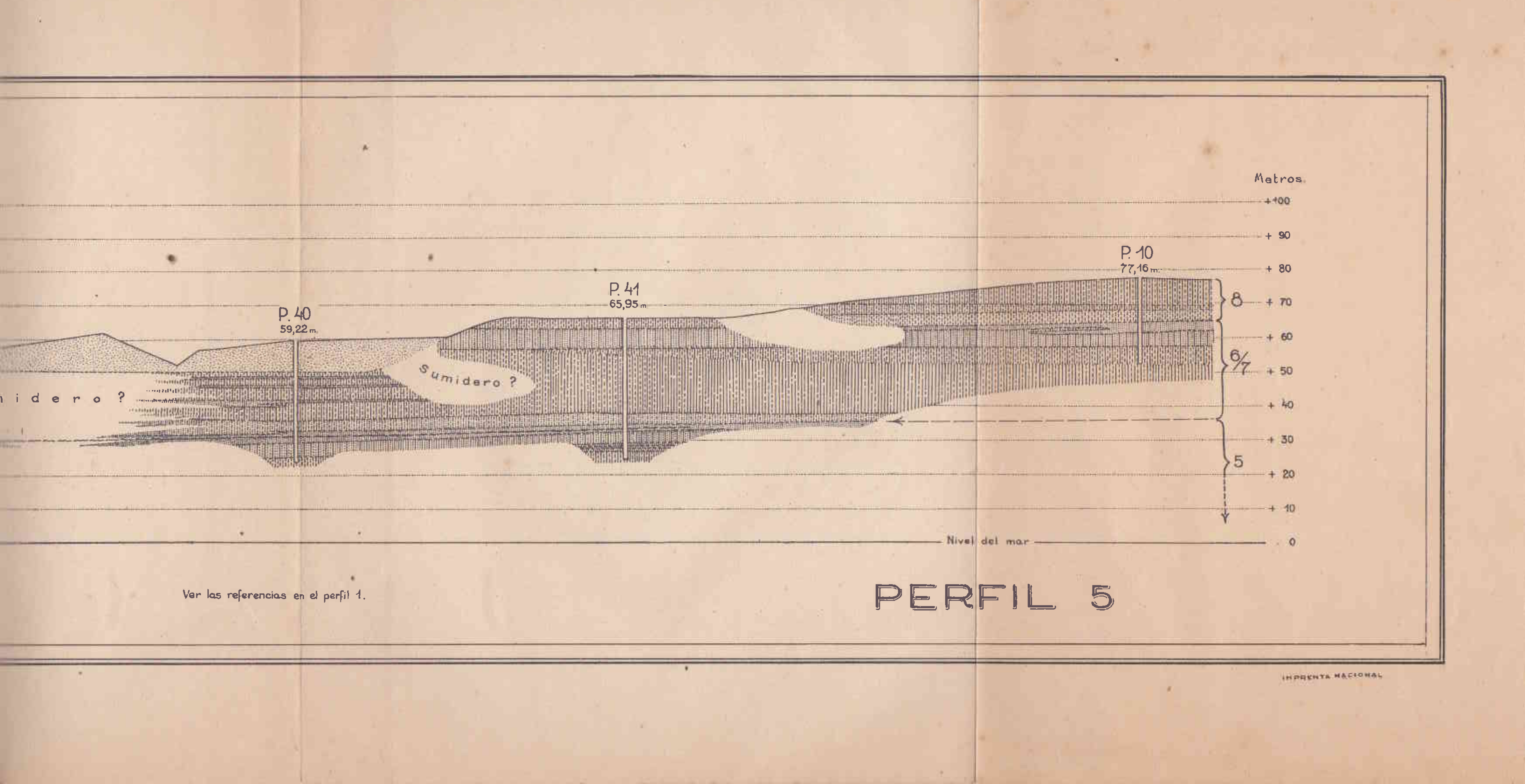
Como consecuencia se saca que la construcción del dique es preferible en el perfil I, donde el mencionado horizonte alterado deberá taparse sobre un trecho de sólo 200 a 250m.

En cuanto al perfil II, puede decirse que comparte la mayoría de las condiciones con el perfil I, pero su mayor distancia del codo del río y la cubierta más larga del horizonte permeable lo coloca en condiciones inferiores.



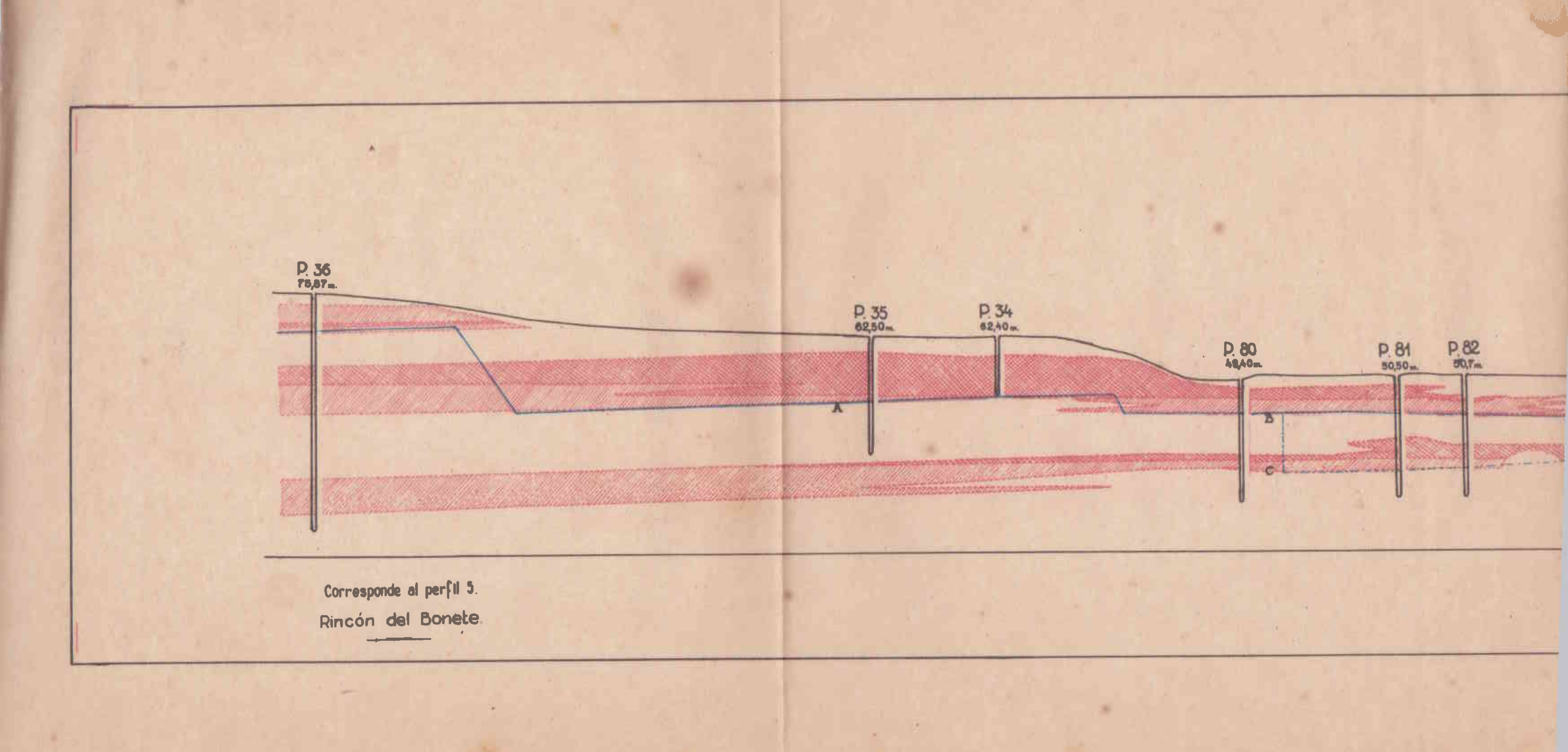
Metros.
+100
+90
+80
+70
+60
+50
+40
+30
+20
+10
0
P. 36
75,87m.
P. 35
62,50m.
P. 34
62,40m.
P. 80
49,40m.
P. 81
50,50m.
P. 82
50,7m.
RINCÓN DEL BO

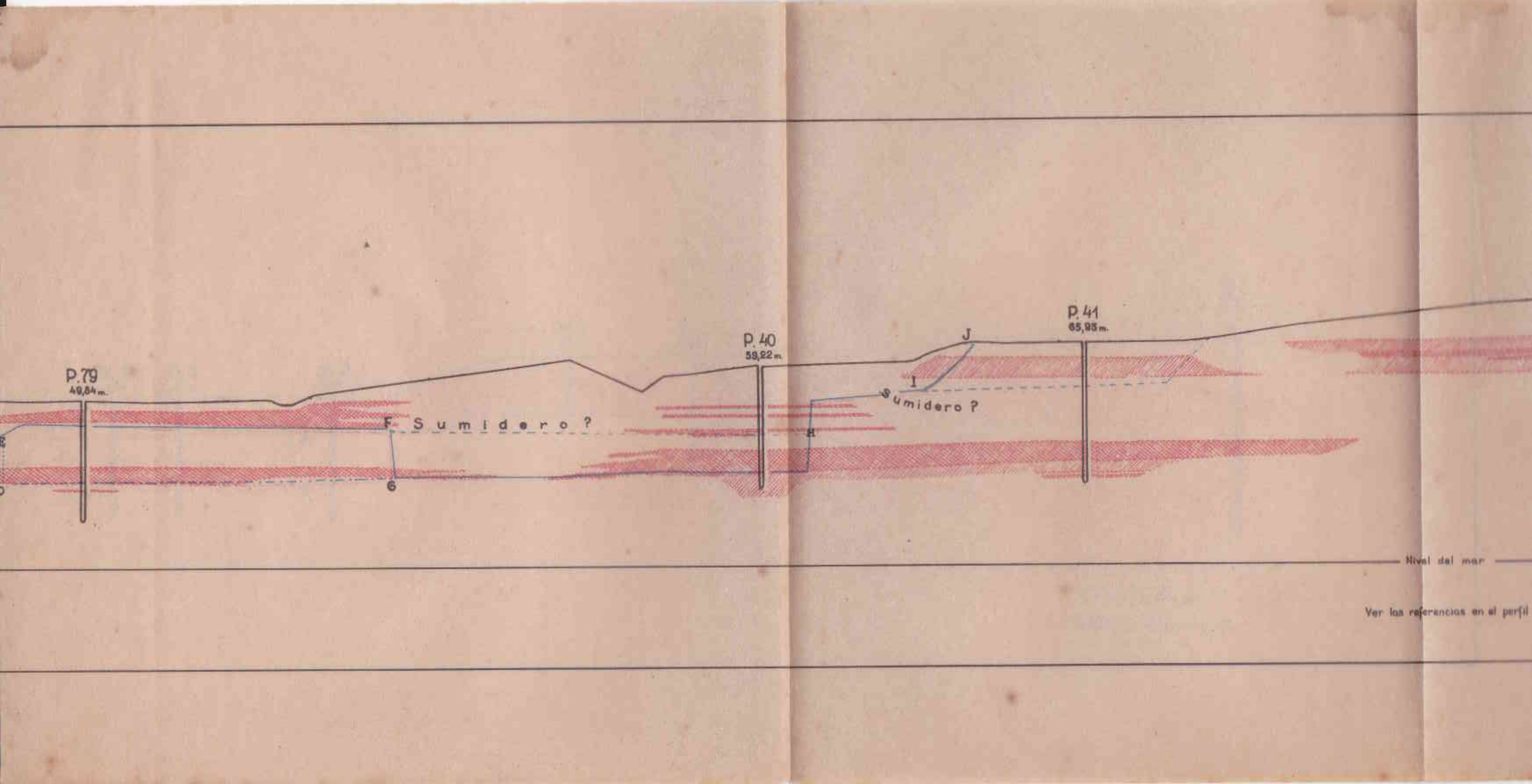

P. 79
49,84 m.
5
Sumidero ?
P. 40
59,22 m.
Sumidero ?
P. 41
65,95 m.
Nivel del ma
NETE
Ver las referencias en el perfil 1.
PERFI



IMPRENTA NACIONAL


RÍO NEGRO
Km. 379 - Km. 398
RINCÓN DEL BONETE
Planimetría y altimetría
Kilometraje del rio.
Mojón del rio.
Mojón del proyecto.
Perforaciones a máquina.
Estacas.
Alambrado.
Linea telefónica.
Cresta, cuchilla.
Barranca.
Escala
200 0 200 400 600 800 1000
Metros.
Km. 380
Km. 381
Km. 382
Km. 383
Km. 384
Km. 385
Km. 386
Km. 387
Km. 388
Km. 389
Km. 390
Km. 391
Km. 392
Km. 393
Km. 394
Km. 395
Km. 396
Moj. 6 +51,93
Moj. 7 +52,33
Moj. 8 +54,31
Moj. 9
Moj. 10 +54,27
Moj. 11 +54,38
Moj. 12 +55,27
Moj. 13 +55,58
Moj. I
Moj. II +83,73
82,71
Perfil I
Perfil V
P 7
P 8
P 10
P 26
P 27
E 420
Rodriguez
Camerán
Barnetche
Pozo
Tapera


P. 36
78,87 m.
P. 35
62,50 m.
P. 34
62,40 m.
P. 80
48,40 m.
P. 81
50,50 m.
P. 82
50,7 m.
A
B
C
Corresponde al perfil 3.
Rincón del Bonete


P.79
49,84 m.
F
Sumidero ?
G
P.40
59,22 m.
H
Sumidero ?
I
J
P.41
65,95 m.
Nivel del mar
Ver las referencias en el perfil

midero ?

P. 40
59,22 m.

H

I

J

Sumidero ?

P. 41
65,95 m.

P. 10
77,16

Nivel del mar

Ver las referencias en el perfil 1.

IMPRENTA NACIONAL

p.117
81,19m.

p.147
76,72m.

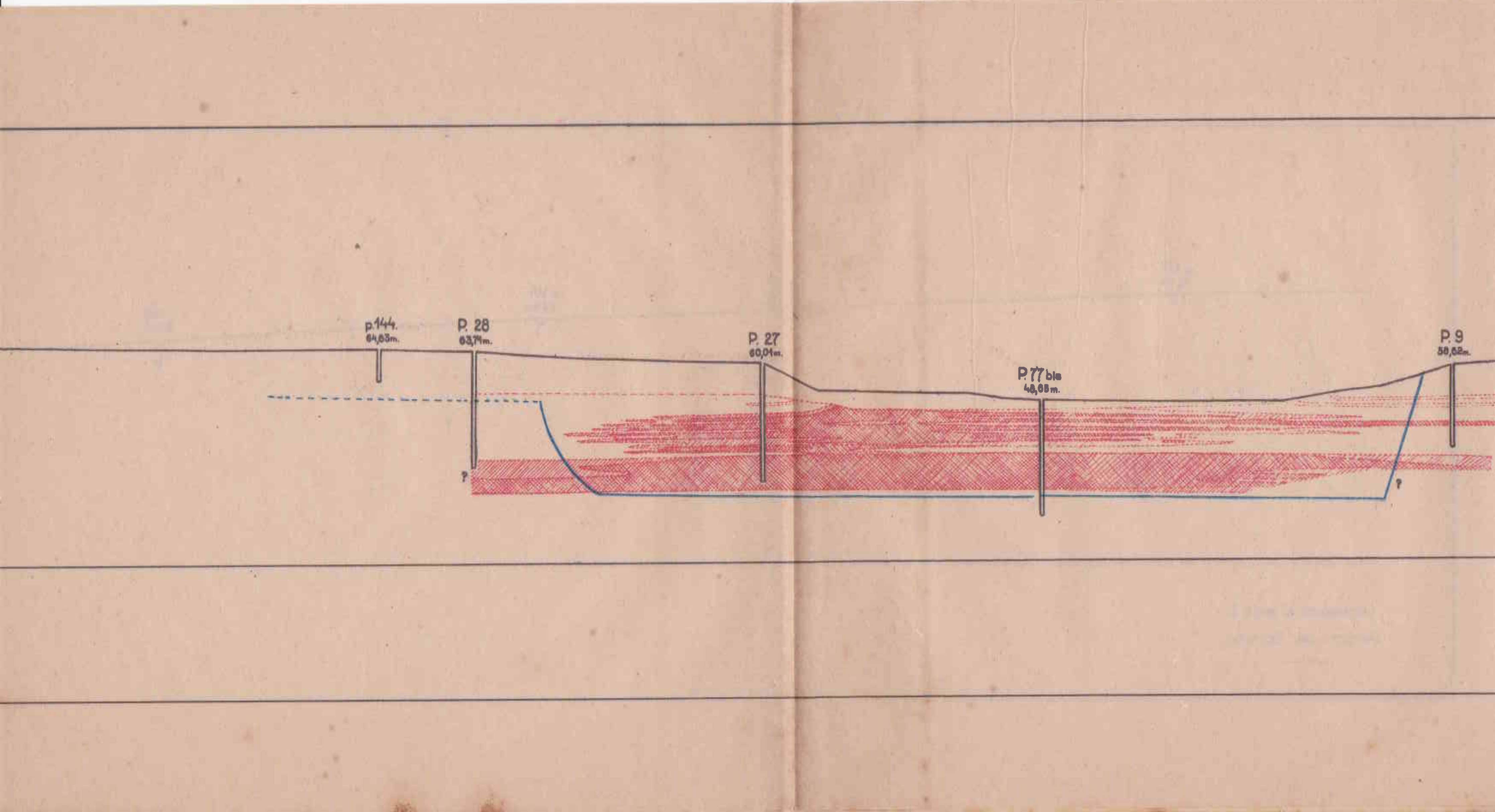
p.146
73,11m.

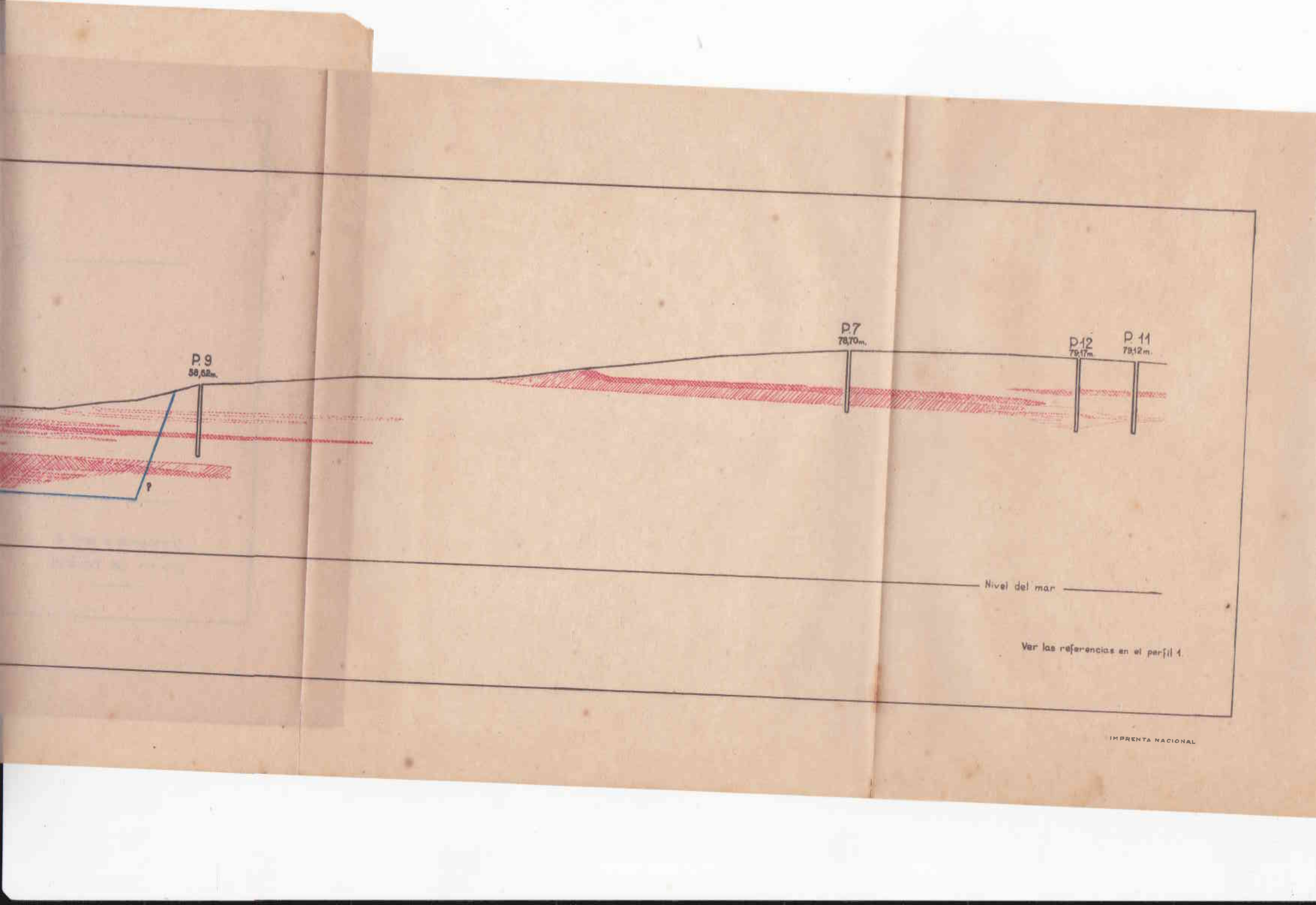
p.145
67,07m.

Nivel del mar

Corresponde al perfil 2

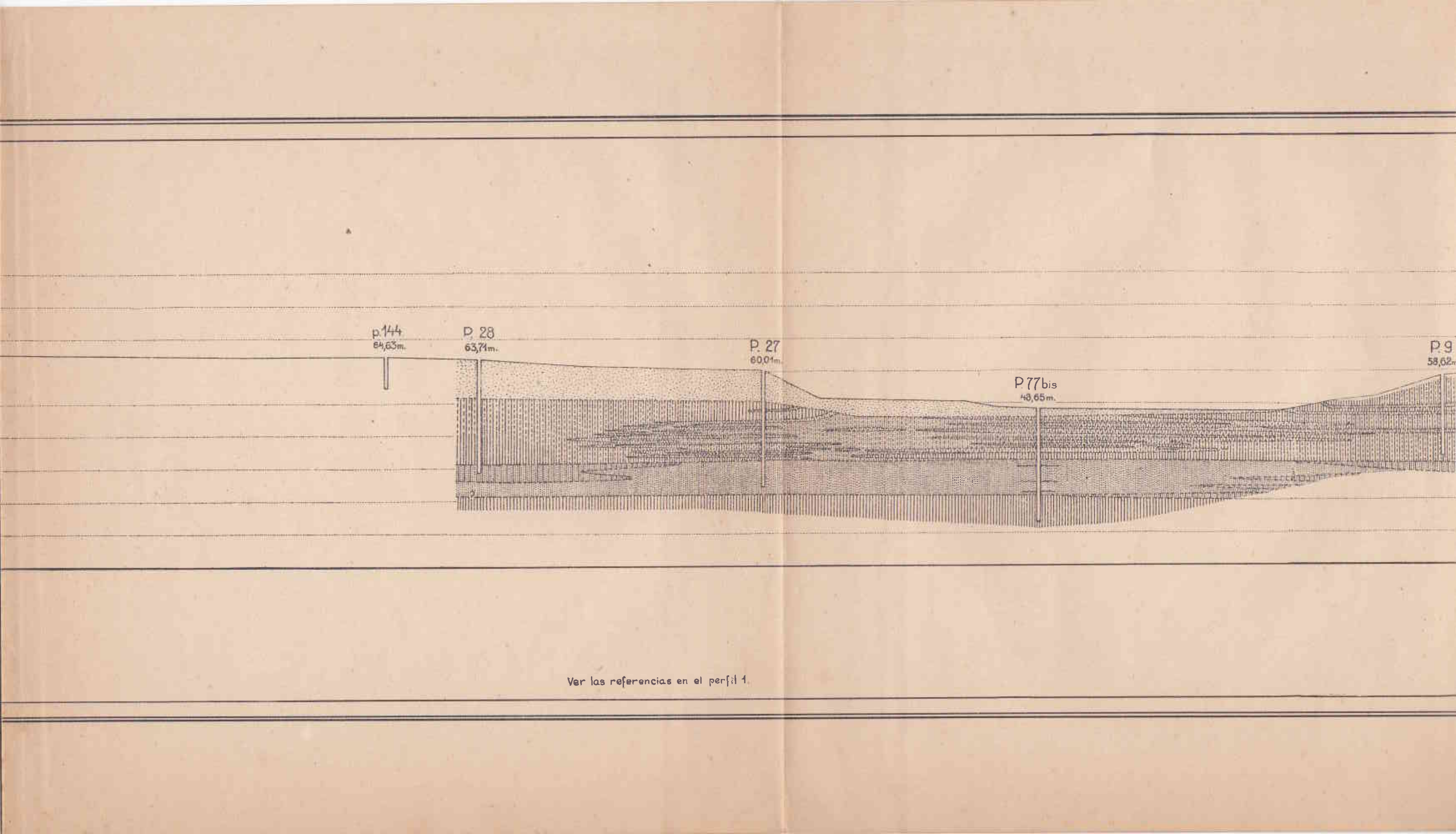
Rincón del Bonete.

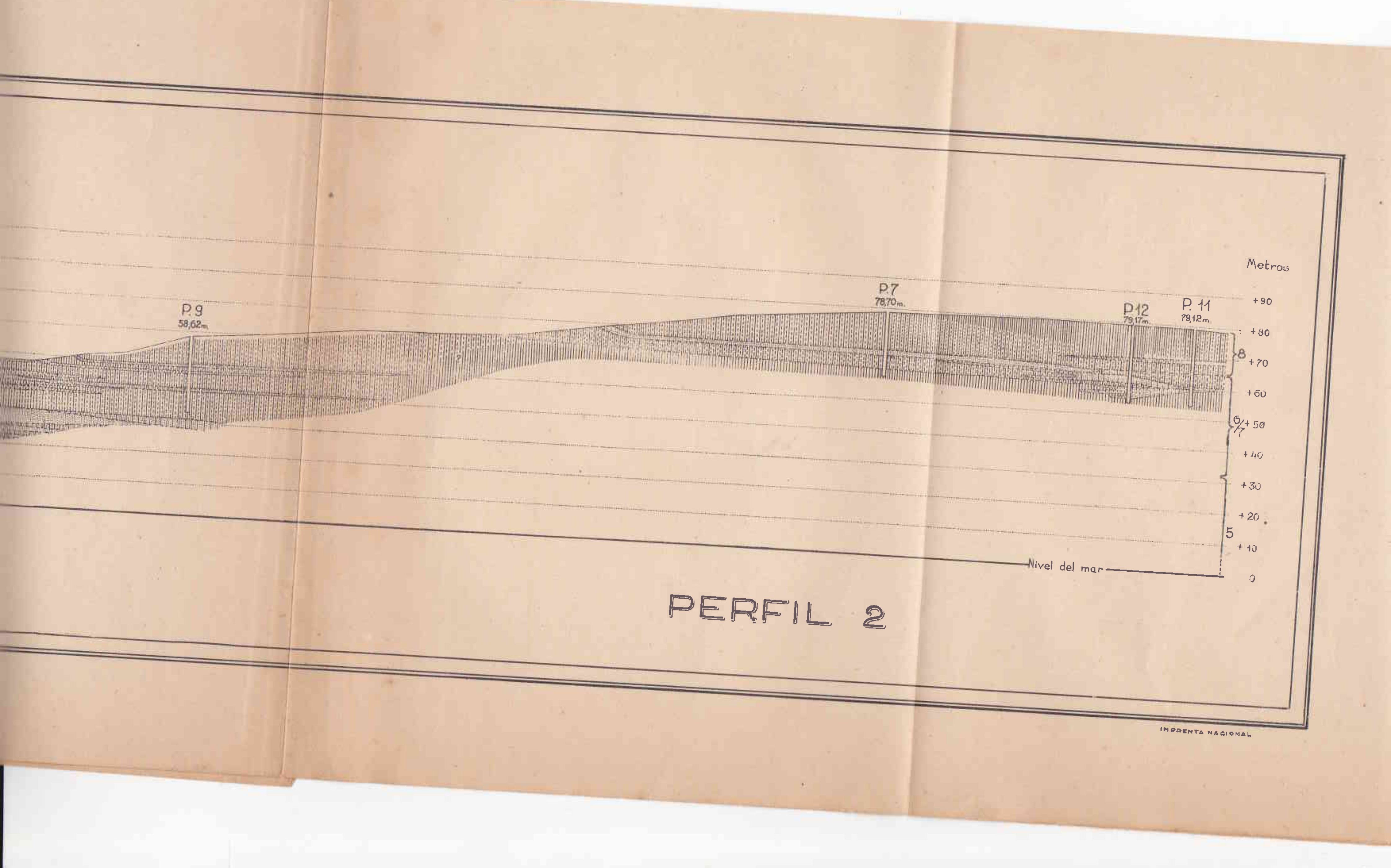

p.144.
64,63m.
P. 28
63,74m.
?
P. 27
60,04m.
P.77bis
48,68m.
?
P.9
58,62m.



P. 9
58,62m.
?
P. 7
78,70m.
P. 12
79,17m.
P. 11
79,12m.
Nivel del mar
Ver las referencias en el perfil 1.
IMPRENTA NACIONAL

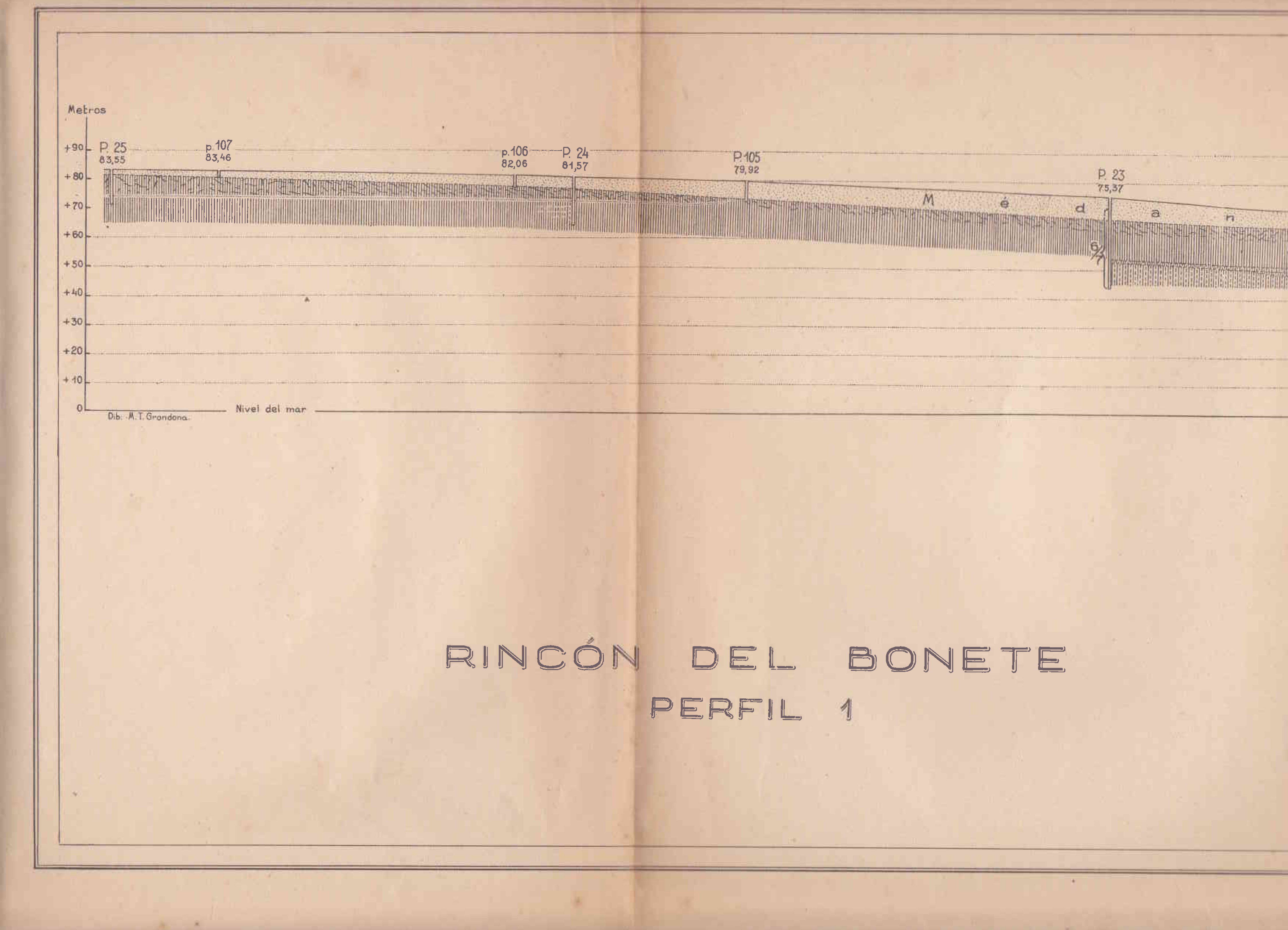
RINCÓN DEL BONETE


p.144
64,63m.
P. 28
63,71m.
P. 27
60,01m.
P. 77bis
48,65m.
P. 9
Ver las referencias en el perfil 1.

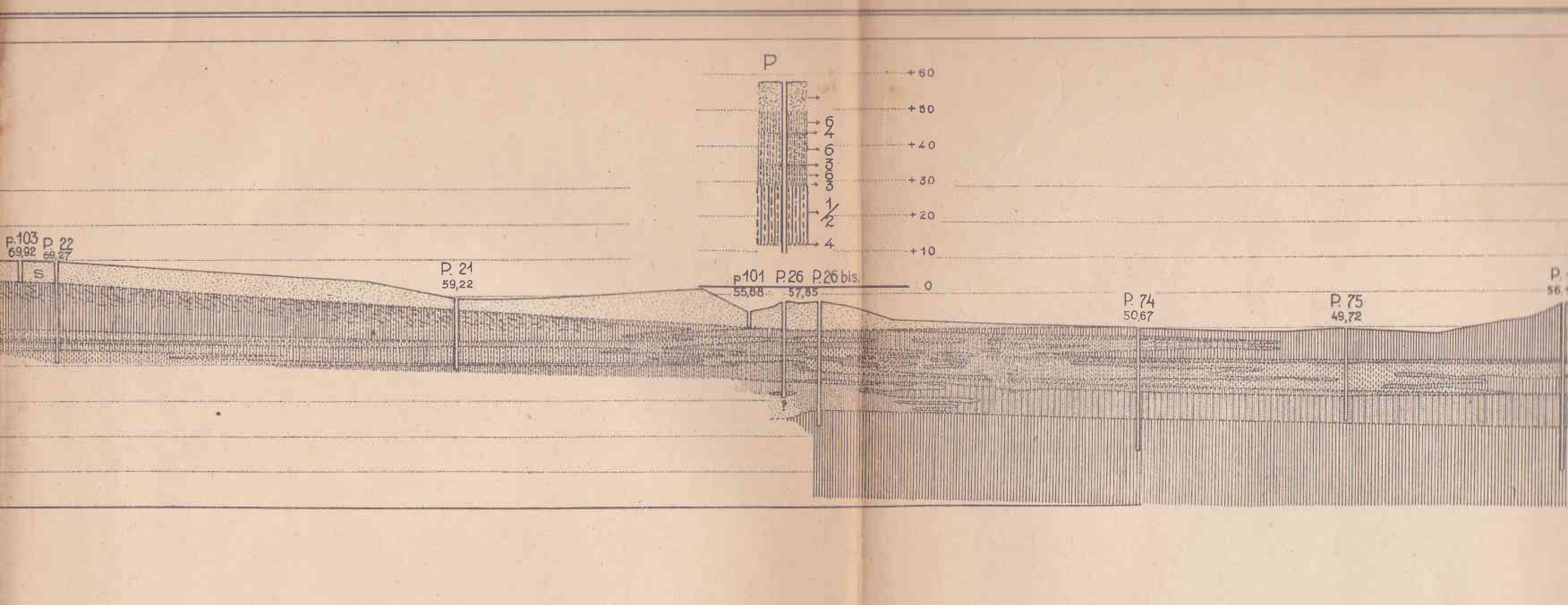


PERFIL 2

IMPRENTA NACIONAL



RINCÓN DEL BONETE
PERFIL 1



Referencias

Tipos de meláfiros.

7 Rojo ladrillo - alterado - permeable - brechoso - con huecos - de solidez escasa hasta nula a veces marrón por limonita, con manchas de calcita.

6 Rojo vino, de aspecto vitreo, desmenuzable en trozos angulosos con poros rellenos por calcita.

5 Rojo vivo o marrón rojo, en parte constituido por el tipo 4, en parte alterado en una masa roja, arcillosa, de solidez variable.

4 Morado - pardo - negruzco - de aspecto vitreo, con huecos chicos rellenados por calcita.

3 Pardo rojizo con poros con calcita y zeolitas - algo alterado - sólido - a menudo quebrado.

2 Color peceño - morado (color de meláfiro) teñido por clorita y óxido de hierro - sólido.

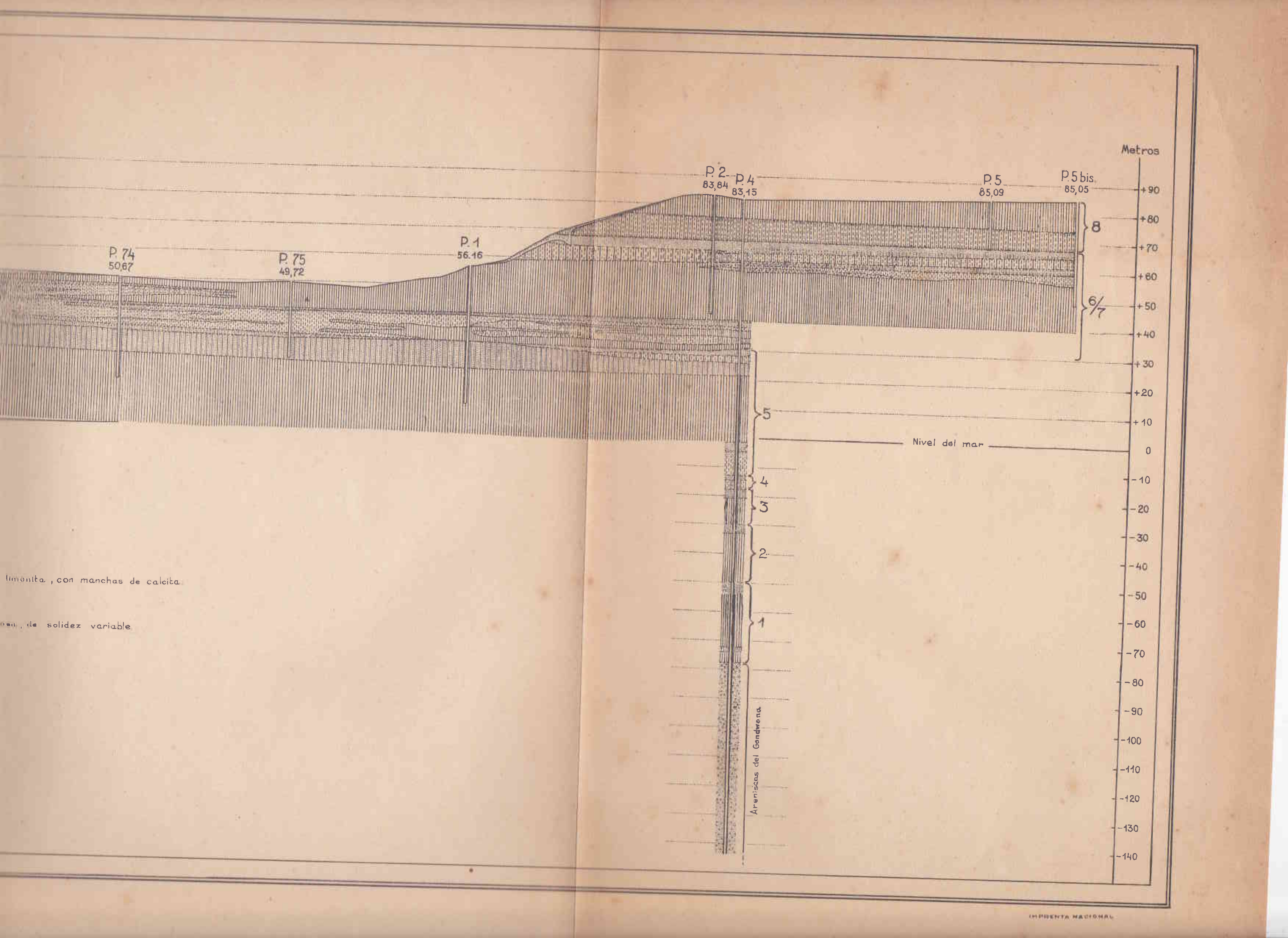
1 Grisáceo (Color de basalto) sólido - con aspecto de basalto a menudo quebrado cerca de la superficie.

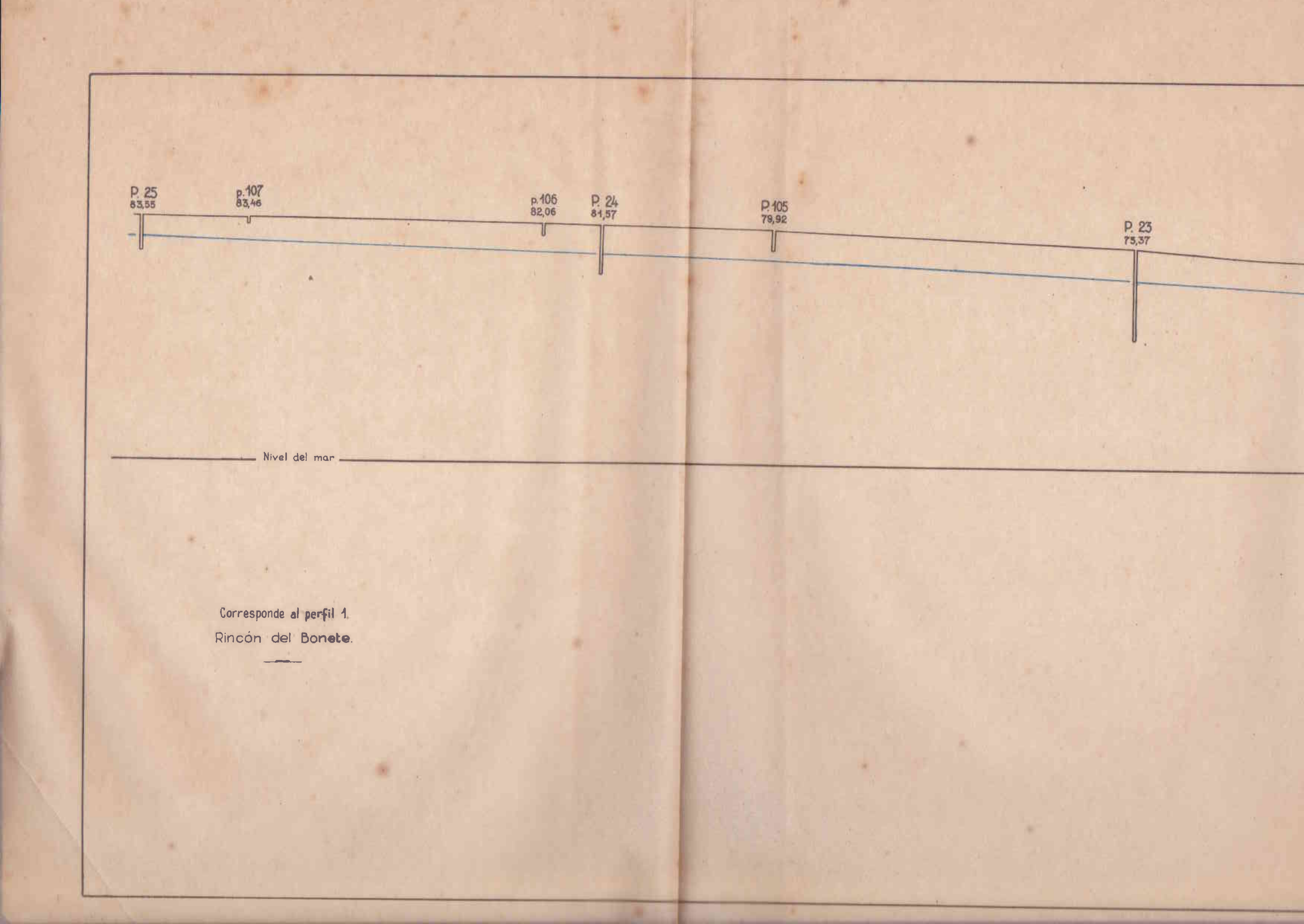
Areniscas de Gondwana (Itararé).

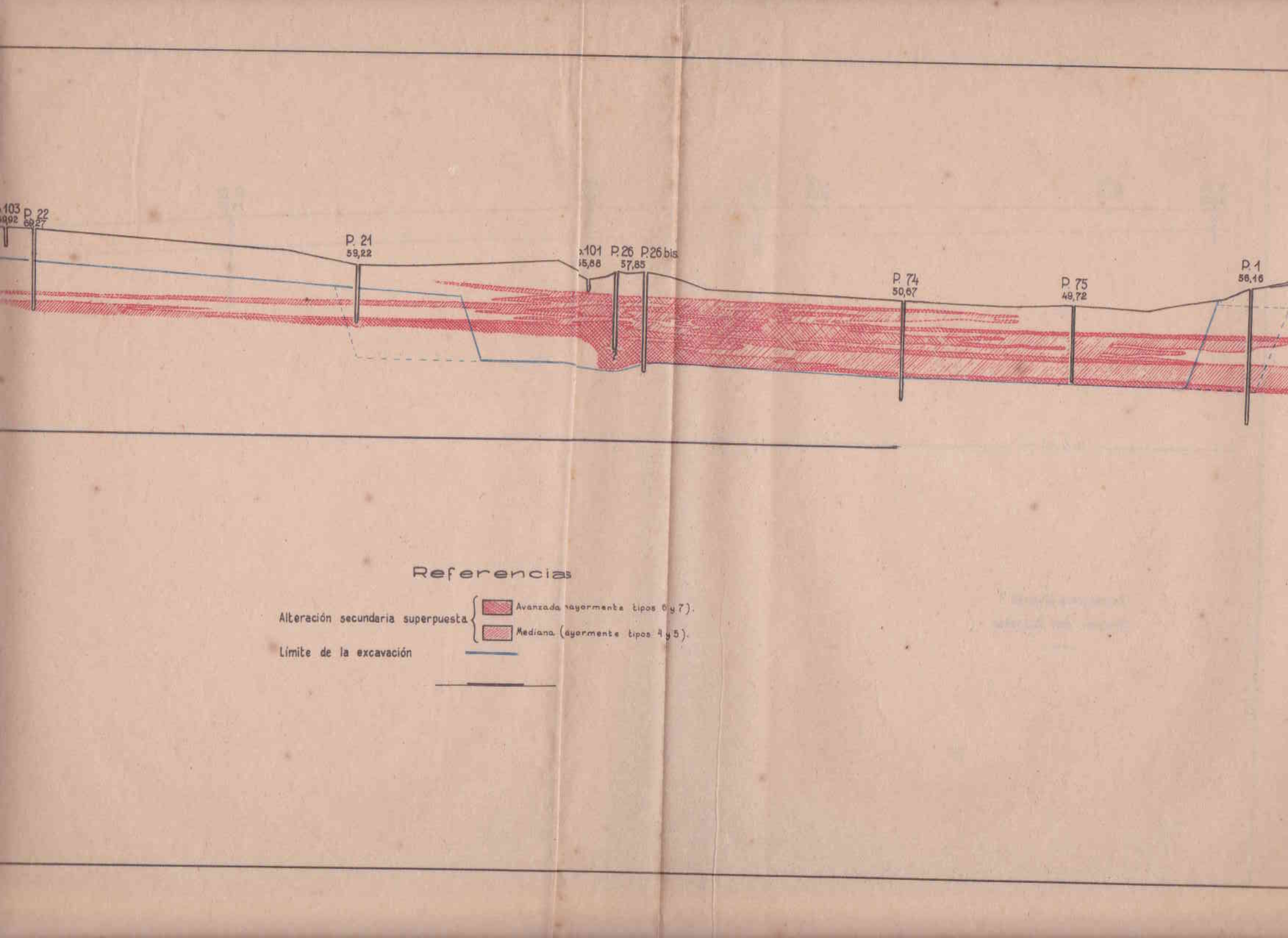
Escala

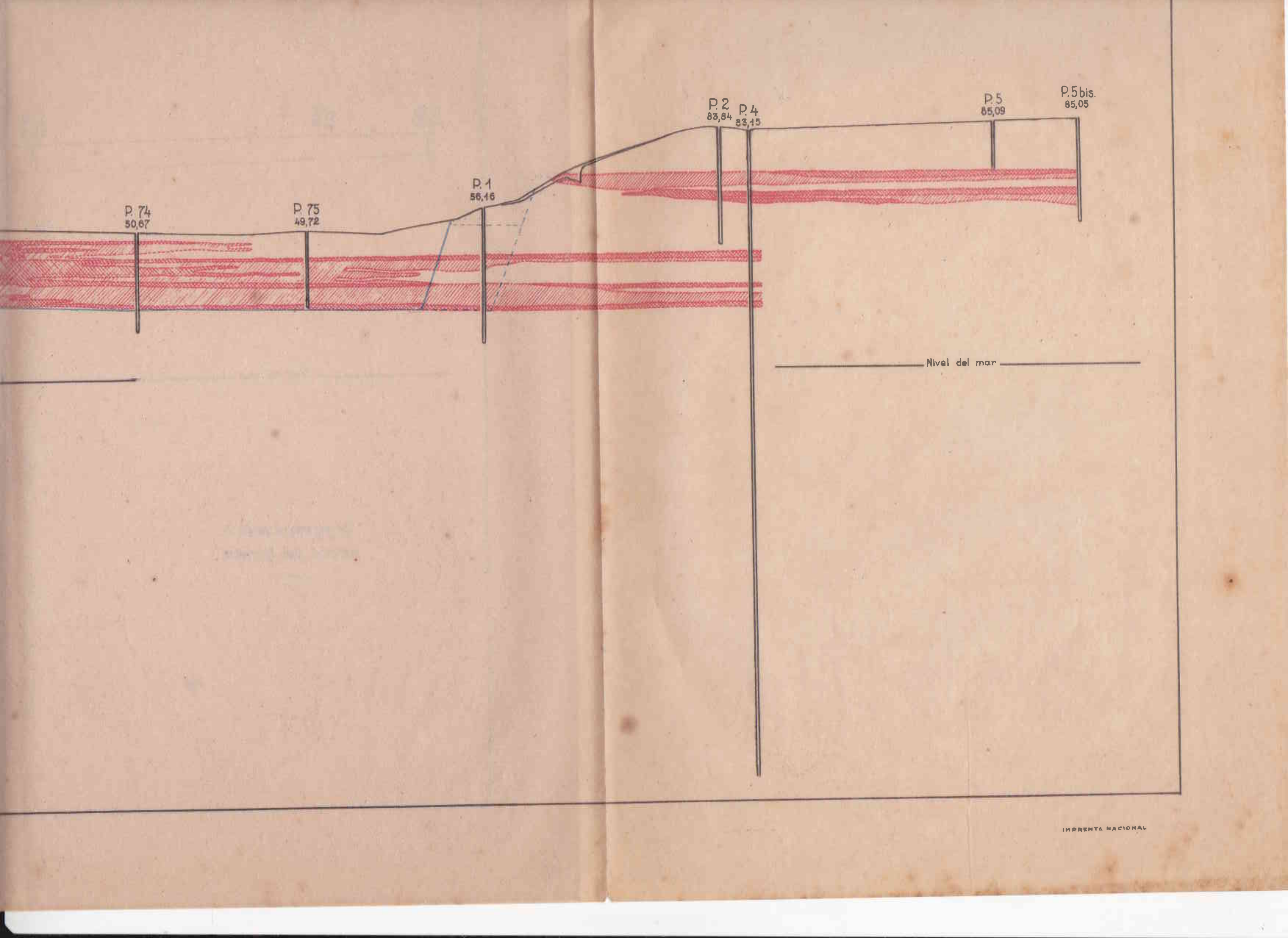
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100.

Metros.


Metros
+90
+80
+70
+60
+50
+40
+30
+20
+10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-110
-120
-130
-140
P. 74
50,67
P. 75
49,72
P. 1
56.16
P. 2
83,84
P. 4
83,15
P. 5
85,09
P. 5 bis
85,05
8
6/7
5
4
3
2
1
Nivel del mar
Areniscas del Gandwana
limonita, con manchas de calcita
de solidez variable
IMPRENTA NACIONAL


P. 25
83,55
p. 107
83,46
p. 106
82,06
P. 24
81,57
P. 105
79,92
P. 23
75,37
Nivel del mar
Corresponde al perfil 1.
Rincón del Bonete.

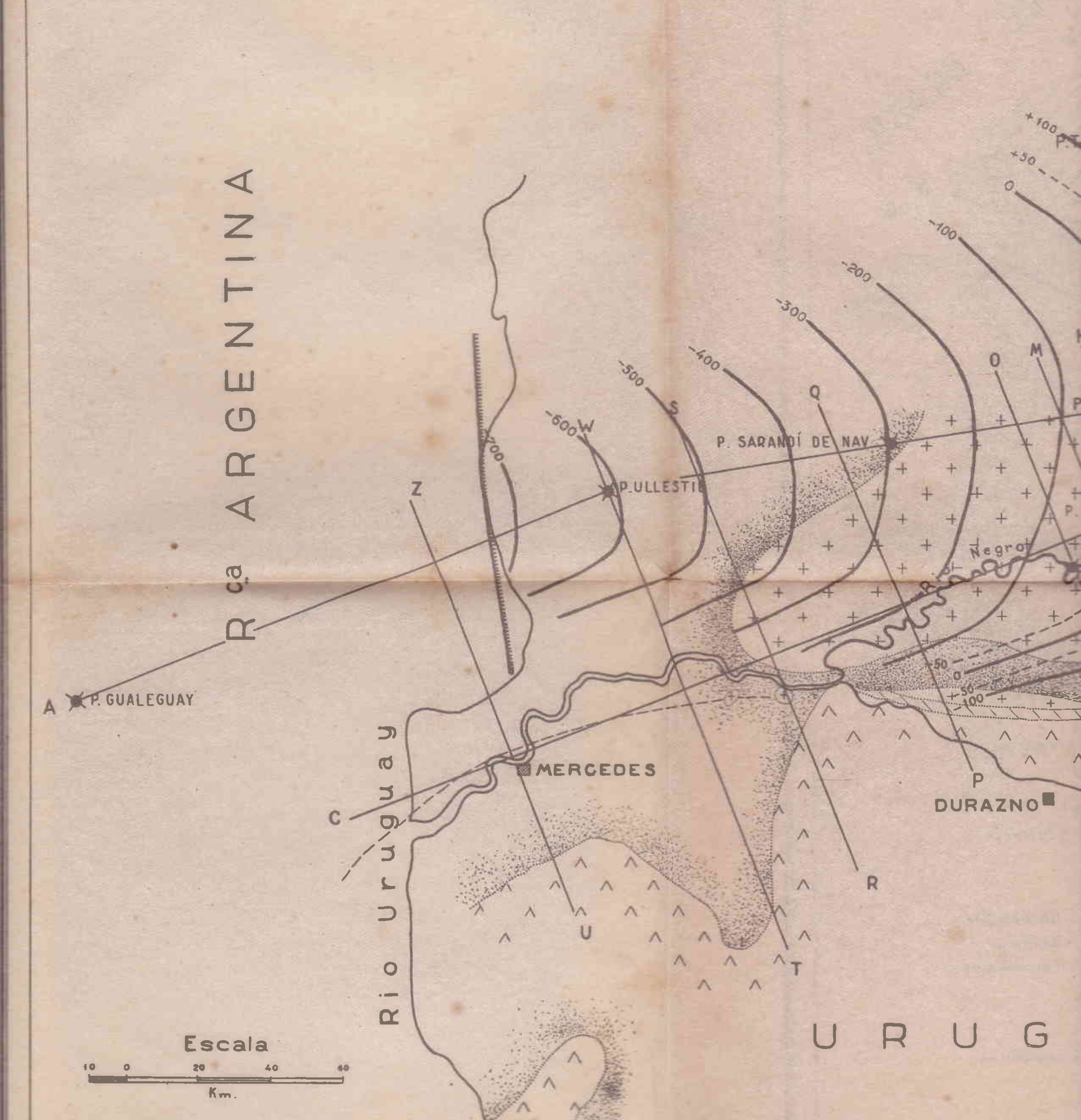

103
P. 22
P. 21
59,22
101
P. 26
57,85
P. 26 bis
P. 74
50,67
P. 75
49,72
P. 1
56,16
Referencias
Alteración secundaria superpuesta
Avanzada mayormente tipos 6 y 7).
Mediana (mayormente tipos 4 y 5).
Límite de la excavación



IMPRENTA NACIONAL

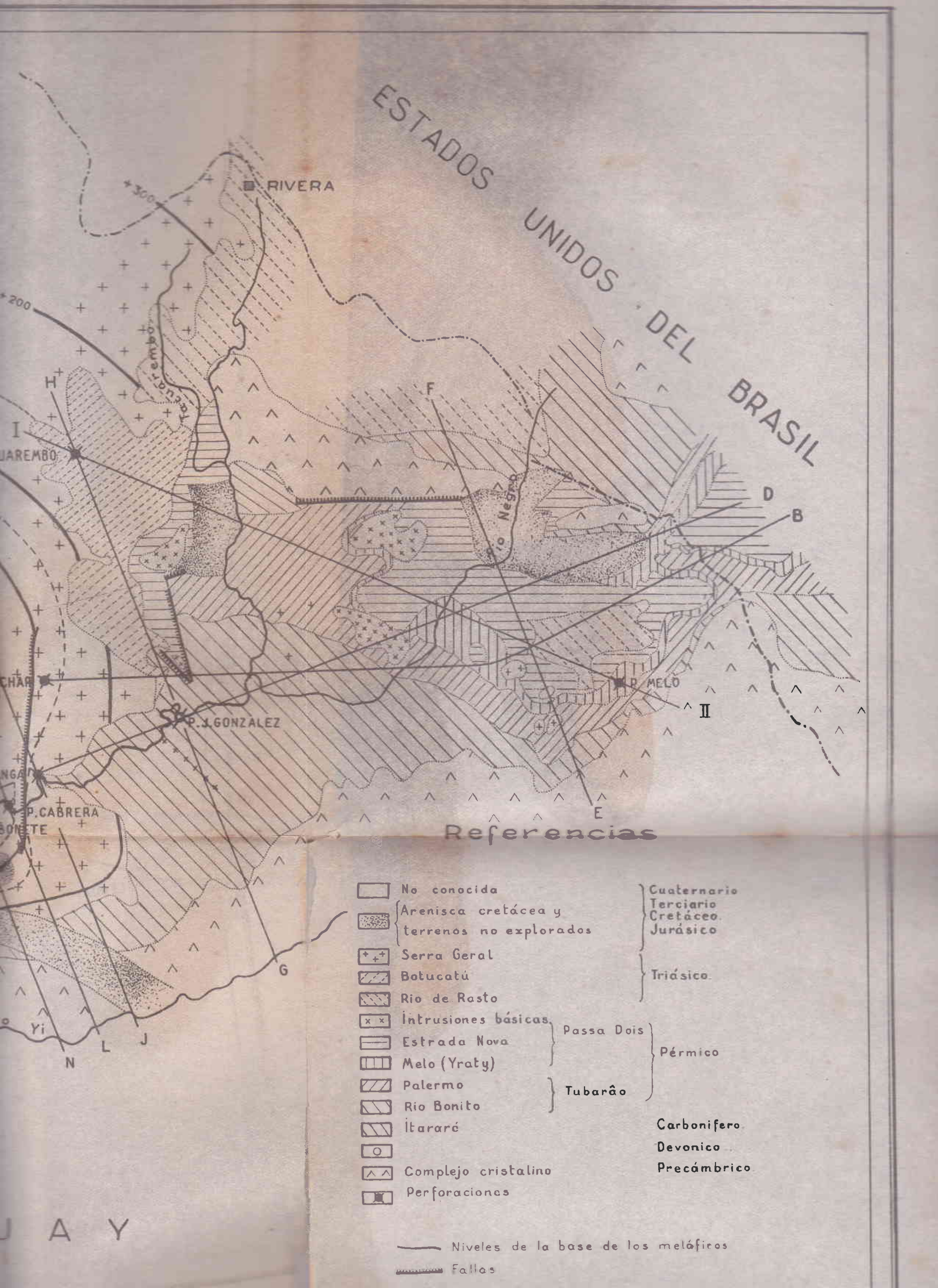
ESBOZO GEOLÓGICO

de parte de la R.O. del Uruguay





ESBOZO GEOLÓGICO
rte de la R.O. del Uruguay
RIVE
+300
+100
+50
0
-100
-200
-300
-400
-500
-600
I
H
P. TACUAREMBO
K
O
M
Q
S
W
Z
P. ACHAR
P. SARANDÍ DE NAV
P. ULLESTIE
P. J. GONZALEZ
P. MANGA
P. CABRERA
P. BONETE
Negro
MERCEDES
DURAZNO
Río Yi
P
N
L
J
R
U
T
Río Uruguay
URUGUAY



ESTADOS UNIDOS DEL BRASIL
RIVERA
+300
+200
Tacuarembó
Río Negro
UAREMBO
CHAP
P. J. GONZALEZ
NGA
P. CABRERA
BONETE
P. MELO
Yi
H
I
F
D
B
II
E
G
J
L
N
U A Y
Referencias
No conocida
Arenisca cretácea y terrenos no explorados
Serra Geral
Botucatú
Rio de Rasto
Intrusiones básicas
Estrada Nova
Melo (Yraty)
Palermo
Rio Bonito
Itararé
Complejo cristalino
Perforaciones
Cuaternario
Terciario
Cretáceo
Jurásico
Triásico
Passa Dois
Tubarão
Pérmico
Carbonifero
Devonico
Precámbrico
Niveles de la base de los meláfiros
Fallas

BOLETÍN DEL INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y PERFORACIONES

MONTEVIDEO (URUGUAY); CALLE CAÑELONES 1222

NÚMEROS PUBLICADOS